

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

THIS PAGE BLANK (USPTO)



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 100 14 083 A 1**

⑤1 Int. Cl. 7:
G 03 F 7/09

②1 Aktenzeichen: 100 14 083.1
②2 Anmeldetag: 22. 3. 2000
④3 Offenlegungstag: 22. 3. 2001

DE 100 14 083 A 1

③0 Unionspriorität:
11-240528 26. 08. 1999 JP

⑦1 Anmelder:
Mitsubishi Denki K.K., Tokio/Tokyo, JP; Ryoden
Semiconductor System Engineering Corp., Itami,
Hyogo, JP

⑦4 Vertreter:
Prüfer und Kollegen, 81545 München

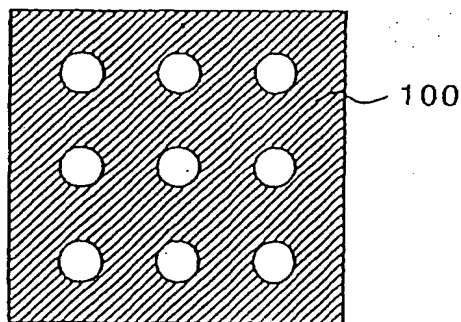
⑦2 Erfinder:
Tanaka, Mikihiro, Itami, Hyogo, JP; Ishibashi, Takeo,
Tokio/Tokyo, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Verfahren zum Herstellen einer Halbleitervorrichtung

⑤7 Eine erste Resistschicht, die fähig ist eine Säure zu erzeugen, wird auf einer Halbleitergrundschrift gebildet und in einer kürzeren Entwicklungszeit als üblich entwickelt. Die erste Resistschicht wird mit einer zweiten Resistschicht bedeckt, welche ein Material enthält, das zu einer Vernetzung in der Anwesenheit einer Säure fähig ist. Die Säure wird in dem ersten Resistmuster durch Anwendung von Wärme oder durch Belichtung erzeugt, und eine vernetzte Schicht wird in dem zweiten Resistmuster an der Grenzfläche zwischen dem ersten Resistmuster als eine Deckschicht für das erste Resistmuster gebildet, wodurch verursacht wird, daß das erste Resistmuster dicker wird. Der nicht-vernetzte Abschnitt der zweiten Resistschicht wird entfernt und das feine Resistmuster wird gebildet. Auf diese Weise kann der Lochdurchmesser des Resistmusters verringert werden, oder die Trennbreite eines Resistmusters kann verringert werden.



DE 100 14 083 A 1

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Herstellen einer Halbleitervorrichtung. Insbesondere bezieht sich die vorliegende Erfindung auf ein Verfahren zum Bilden eines feinen Resistmusters und auf ein Verfahren zum Herstellen einer Halbleitervorrichtung unter Verwenden des fein getrennten Resistmusters und sie bezieht sich weiter auf eine Halbleitervorrichtung, welche gemäß des Verfahrens hergestellt wurde.

Da die Halbleitervorrichtungen hoch integriert wurden, wurden die Verbindungen und die Trennweiten, die in ihren Herstellungsvorgängen erforderlich sind, sehr fein. Allgemein wird ein feines Muster gemäß eines Verfahrens gebildet, indem ein Resistmuster durch eine photolithographische Technik gebildet wird, und verschiedene darunterliegende dünne Schichten werden entsprechend durch das so gebildete Muster als eine Maske geätzt.

Für Bildung eines feinen Musters ist daher die photolithographische Technik sehr wichtig. Die photolithographische Technik weist ein Resistbedecken, eine Maskenausrichtung, eine Belichtung mit Licht und eine Entwicklung auf. Diese Technik hat eine Grenze in Bezug auf die Feinheit aufgrund der Beschränkung, die der Wellenlänge des Belichtungslichtes auferlegt ist.

Ferner besitzt ein der Anmelderin bekannter lithographischer Vorgang (Prozeß) eine Schwierigkeit im Steuern eines Ätzwiderstandes eines Resists, wodurch es unmöglich wird, ein Oberflächenprofil vollständig so zu steuern, daß das geätzte Muster auf der Oberfläche von Seitenwänden durch die Steuerung des Ätzwiderstandes aufgeraut ist.

Wie oben beschrieben war es, wenn die der Anmelderin bekannte photolithographische Technik mit einer Belichtung benutzt wurde, schwierig, ein feines Resistmuster zu bilden, welches die Grenze der Wellenlänge überschreitet. Um die Situation zu verbessern, haben die Erfinder ein neues Verfahren gefunden, um ein feines Resistmuster zu bilden, welches sich jenseits der Wellenlängengrenzung befindet, wie in der japanischen Patentveröffentlichung H10-73927 dargelegt ist, welches der US-Patentanmeldung 09/049,072 entspricht.

Aufgabe der Erfindung ist es, die oben genannten Verfahren weiter zu verbessern.

Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren nach Anspruch 1.

Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Die vorliegende Erfindung gibt eine Technik an, die die Bildung eines fein getrennten Resistmusters bzw. fein isolierten Resistmusters zum Bilden eines feinen Trennmusters bzw. Isolationsmusters oder eines feinen Lochmusters, daß die Wellenlängengrenze überschreitet. Die vorliegende Erfindung gibt auch eine Technik des Aufrauhens der Oberflächen von Seitenwänden eines Musters nach dem Ätzen an, welches in der Steuerung gemäß der der Anmelderin bekannten lithographischen Technik schwierig war.

Ferner gibt die vorliegende Erfindung ein Verfahren zum Herstellen einer Halbleitervorrichtung durch Verwenden der Technik des Bildens eines fein getrennten Resistmusters bzw. fein isolierten Resistmusters an, und gibt auch eine Halbleitervorrichtung an, die durch das Verfahren hergestellt ist.

Gemäß eines Aspektes der vorliegenden Erfindung wird in einem Verfahren zum Herstellen einer Halbleitervorrichtung eine erste Resistschicht auf einer Halbleitergrundschicht gebildet, und die erste Resistschicht wird aus einem ersten Resist gebildet und ist fähig, eine Säure zu erzeugen. Ein erstes Resistmuster wird aus (von) der ersten Resist-

schicht durch Entwickeln in einer verringerten Entwicklungszeit gebildet, und das erste Resistmuster ist fähig, eine Säure zu erzeugen. Eine zweite Resistschicht wird auf dem ersten Resistmuster gebildet, und die zweite Resistschicht ist fähig, eine Vernetzungsreaktion in der Anwesenheit einer Säure zu durchlaufen (vollziehen). Eine vernetzte Schicht wird an einem Abschnitt der zweiten Resistschicht, die mit dem ersten Resistmuster in Kontakt steht, durch die Vermittlung einer Säure, die von dem ersten Resistmuster zugeführt wird, gebildet. Ein zweites Resistmuster wird durch Entfernen nicht-vernetzter Abschnitte der zweiten Resistschicht gebildet. Schließlich wird die Halbleitergrundschicht durch das zweite Resistmuster, das als eine Maske wirkt, geätzt.

In einem anderen Aspekt der vorliegenden Erfindung befindet sich in dem Verfahren die verringerte Entwicklungszeit in dem Bereich einer Zeit, in der die Endabmessung des ersten Resistmusters abhängig von der Entwicklungszeit variiert.

In einem anderen Aspekt der vorliegenden Erfindung befindet sich die verringerte Entwicklungszeit in dem Bereich einer Zeit, in der die Endabmessung des ersten Resistmusters mehr als 10 nm größer ist als in dem Fall, wenn es mit der üblichen Entwicklungszeit entwickelt wird, in der sich eine im wesentlichen konstante Endabmessung des Resistmusters ergibt.

Weitere Merkmale und Zweckmäßigkeiten ergeben sich aus der folgenden Beschreibung von Ausführungsformen der Erfindung anhand der beigefügten Zeichnungen. Von diesen zeigen:

Fig. 1(a) bis 1(c) Ansichten eines Maskenmusters, die ein Verfahren zum Bilden eines Resistmusters gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellen;

Fig. 2(a) bis 2(e) Vorgangs-Flußdiagramme (Prozeß-Flußdiagramme), die ein Verfahren zum Bilden eines Resistmusters gemäß der ersten Ausführungsform darstellen;

Fig. 3(a) bis 3(f) Vorgangs-Flußdiagramme, die ein Verfahren zum Bilden eines Resistmusters gemäß der ersten Ausführungsform darstellen;

Fig. 4 Beispiele von wasserlöslichen Harzen, die als das zweite Resist gemäß der ersten Ausführungsform verwendet werden;

Fig. 5 Beispiele der wasserlöslichen Vernetzungsmittel, die als das zweite Resist gemäß der ersten Ausführungsform benutzt werden;

Fig. 6(a) bis 6(f) Vorgangs-Flußdiagramme, die ein Verfahren zum Bilden eines Resistmusters gemäß der ersten Ausführungsform darstellen;

Fig. 7(a) bis 7(f) Vorgangs-Flußdiagramme, die ein Verfahren zum Bilden eines Resistmusters gemäß der ersten Ausführungsform darstellen;

Fig. 8(a) bis 8(e) Vorgangs-Flußdiagramme, die ein Verfahren zum Bilden eines Resistmusters gemäß der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellen;

Fig. 9(a) bis 9(g) Vorgangs-Flußdiagramme, die ein Verfahren zum Bilden eines Resistmusters gemäß der dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellen;

Fig. 10(a) bis 10(c) erste Resistmuster in Beispielen 1, 2 und 3 der vorliegenden Erfindung;

Fig. 11(a) bis 11(c) erste Resistmuster in einem Beispiel 4;

Fig. 12(a) bis 12(c) erste Resistmuster in einem Beispiel 5;

Fig. 13 ein zweites Resistmuster in einem Beispiel 14;

Fig. 14 eine Tabelle, die die Beziehung zwischen dem Mischverhältnis von wasserlöslichen Harzen und der Resistmustergröße nach dem Bilden einer vernetzten Schicht in dem Beispiel 14 zeigt;

Fig. 15 eine Tabelle, die die Beziehung zwischen der Anwesenheit oder Abwesenheit der Belichtung und der Resistmustergröße nach dem Bilden einer vernetzten Schicht in einem Beispiel 15 zeigt;

Fig. 16(a) bis 16(c) zweite Resistmuster in einem Beispiel 16;

Fig. 17 eine Tabelle, die die Beziehung zwischen der Misch-Temper-Temperatur und dem Resistmuster nach Bildung einer vernetzten Schicht im Beispiel 16 zeigt;

Fig. 18 eine Tabelle, die die Beziehung zwischen dem Mischverhältnis von wasserlöslichen Materialien und der Resistmustergröße nach dem Bilden der vernetzten Schicht in einem Beispiel 17 zeigt;

Fig. 19 eine Tabelle, die die Beziehung zwischen den Mengen von wasserlöslichen Materialien und der Resistmustergröße nach dem Bilden einer vernetzten Schicht in einem Beispiel 18 zeigt;

Fig. 20 eine Tabelle, die die Beziehung zwischen dem Mischverhältnis von wasserlöslichen Materialien oder der Misch-Temper-Temperatur und der Resistmustergröße nach der Bildung einer vernetzten Schicht in einem Beispiel 19 zeigt;

Fig. 21 eine Tabelle, die die Beziehung zwischen den Arten von wasserlöslichen Materialien und der Resistmustergröße nach der Bildung einer vernetzten Schicht in einem Beispiel 20 zeigt;

Fig. 22 eine Tabelle, die die Beziehung zwischen der Anwesenheit oder der Abwesenheit einer Elektronenstrahl-Bestrahlung und der Resistmustergröße nach der Bildung einer vernetzten Schicht in einem Beispiel 21 zeigt;

Fig. 23 eine Ansicht, die ein zweites Resistmuster in einem Beispiel 22 zeigt; und

Fig. 24(a) bis 24(c) Ansichten, die eine Musterform nach Ätzen einer darunterliegenden Oxidschicht in einem Beispiel 22 zeigen;

Fig. 25 ein Diagramm zum Erklären der verkürzten Entwicklungszeit in jeder der oben genannten Ausführungsformen.

Erste Ausführungsform

Fig. 1(a) bis 1(c) sind Ansichten, die ein Maskenmuster zeigen, welches zum Bilden eines fein getrennten (bzw. isolierten) Resistmusters benutzt werden, auf das die vorliegende Erfindung gerichtet ist. Fig. 1(a) ist ein Maskenmuster 100 von feinen Löchern, Fig. 1(b) ist ein Maskenmuster 200 von feinen Zwischenräumen und Fig. 1(c) ist ein Inselmuster 300.

Fig. 2(a) bis 2(e), Fig. 3(a) bis 3(f), Fig. 6(a) bis 6(f) und Fig. 7(a) bis 7(f) zeigen entsprechend Vorgangs-Flußdiagramme (Prozeß-Flußdiagramme), die ein Verfahren zum Bilden eines fein getrennten Resistmusters gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigen.

Es wird auf Fig. 1(a) bis 1(c) und Fig. 2(a) bis 2(e) Bezug genommen; ein Verfahren zum Bilden eines fein getrennten Resistmusters und ein Verfahren zum Herstellen einer Halbleitervorrichtung unter Verwendung desselben in der ersten Ausführungsform werden beschrieben.

Zuerst wird, wie in Fig. 2(a) gezeigt ist, ein erstes Resist 1 auf einem Halbleitersubstrat oder einem Halbleiterwafer oder Substrat 3 in zum Beispiel einer Dicke von ungefähr 0,7 bis 1,0 µm gebildet. Das erste Resist 1 hat einen Mechanismus zum Erzeugen einer Säure von seinem Inneren durch eine geeignete thermische Behandlung.

Dieses erste Resist 1 kann zum Beispiel durch Schleuderschichtung auf dem Halbleitersubstrat 3 beschichtet, d. h. aufgebracht werden, gefolgt von Vortrocknen, d. h. einer thermischen Behandlung bei 70 bis 110°C für ungefähr 1

Minute, um zu verursachen, daß ein Lösungsmittel in dem ersten Resist 1 verdunstet wird.

Danach wird, um ein erstes Resistmuster zu bilden, das erste Resist mit Licht belichtet durch eine Maske mit einem Muster, wie in Fig. 1(a), 1(b) oder 1(c) gezeigt ist. Das Belichtungslicht oder der Strahl kann ein g-Strahl (d. h. eine g-Linie), ein i-Strahl (d. h. eine i-Linie), tiefes W-Licht, ein KrF-Excimer-Laserstrahl, ein ArF-Excimer-Laserstrahl, ein Elektronenstrahl (EB), ein Röntgenstrahl oder dergleichen sein, welcher eine Wellenlänge entsprechend einer Sensibilisierungs-Wellenlänge (Lichtempfindlichkeits-Wellenlänge) des ersten Resists 1 besitzt.

Das Material für das erste Resist 1 kann dasjenige sein, welches einen Mechanismus zum Erzeugen einer säurehaltigen bzw. sauren Komponente innerhalb des Resists durch eine geeignete Wärmebehandlung aufweist, und kann vom positiven oder negativen Typ sein.

Beispielsweise kann das erste Resist 1 ein positives Resist sein, das Novolak-Harz und ein photoempfindliches Naphthochinondiazid-Mittel aufweist.

Ferner kann ein chemisch verstärktes Resist, welches von einem Säureerzeugungsmechanismus Gebrauch macht, auch als das erste Resist benutzt werden. Andere Arten von Resistmaterialien können auch benutzt werden, sofern sie Reaktionssysteme des Erzeugens einer Säure durch bzw. bei der Anwendung von Hitze nutzen.

Nach der Belichtung des ersten Resists 1 kann ein Nachbelichtungs-Härten bzw. Nachbelichtungs-Tempem (PEB) ausgeführt werden, zum Beispiel bei einer PEB-Temperatur von 50 bis 130°C, falls notwendig, um die Auflösung des Resists 1 zu verbessern.

Nachfolgend wird eine alkalische wäßrige Lösung von ungefähr 0,05 bis 3,0 Gew.-% von TMAH (Tetramethylammoniumhydroxid) für die Entwicklung benutzt. Das Merkmal der vorliegenden Erfindung ist es, eine wesentliche Verkürzung der für die Entwicklung erforderlichen Zeit zu erreichen.

Fig. 2(b1) zeigt ein erstes Resistmuster 1a, das auf diese Weise gebildet ist.

Fig. 2(b2) zeigt einen Zustand der Säure 1b, die in dem ersten Resistmuster 1a verbleibt. In der vorliegenden Erfindung wird die Dichte der Säure 1b, die in der Oberflächenschicht des ersten Resistmuster 1a verbleibt, im wesentlichen hoch gemacht bzw. gehalten, im Vergleich zu den vorhergehenden Technologien mit einer normalen oder üblichen Entwicklungszeit. Wie später erklärt, wird dies zu einer Dicke der vernetzten Schicht beitragen.

Nach der Vervollständigung der Entwicklung kann ein Nachentwicklungs-Tempem bewirkt werden, zum Beispiel bei einer Temper-Temperatur von 60 bis 120°C für ungefähr 60 Sekunden, falls notwendig. Diese thermische Behandlung bewirkt eine nachfolgende Mischreaktion, und muß vorzugsweise bei einer geeigneten Temperatur entsprechend der Art des ersten Resists oder des zweiten Resists gesetzt bzw. durchgeführt werden.

Die oben genannten Schritte sind ähnlich zu denjenigen des Bildens eines Resistmusters gemäß eines in der Beschreibungseinleitung genannten Resistbildungs-Vorgangs, ausgenommen, daß das erste Resist 1, welches fähig ist, eine Säure zu erzeugen, benutzt wird.

Nur zur Erwähnung wird über den Vorgang (Prozeß) bis hierher nun eine Übersicht gegeben werden. Der Vorgang bis zu diesem Punkt weist allgemein die folgende Abfolge auf und wird in dieser ausgeführt, d. h. (1) Trocknen (Tempem), um Wassergehalt auszutreiben, (2) HMDS-Abscheidung, (3) Resistbedecken, (4) Nachbedeckungs-Tempem, (5) Belichtung, (6) Nachbelichtungs-Tempem, (7) Entwickeln, (8) Nachentwicklungs-Tempem. In der vorliegenden

Erfindung wird die Entwicklungszeit in dem Schritt (7) konzentriert bzw. äußerst verringert.

Als nächstes wird, wie in Fig. 2(c) gezeigt ist, ein zweites Resist 2 auf das Halbleitersubstrat 3 beschichtet, d. h. aufgebracht. Das zweite Resist weist hauptsächlich ein vernetzbares Material auf, das zu einer Vernetzung in Anwesenheit einer Säure fähig ist, und wird einem Lösungsmittel aufgelöst, das nicht fähig ist, das erste Resist 1 oder 1a, das in Fig. 1(a), 1(b) oder 1(c) gezeigt ist, aufzulösen.

Das Bedeckungsverfahren für das zweite Resist 2 ist nicht kritisch, vorausgesetzt, daß es einheitlich auf das Resistmuster 1a aufgebracht werden kann. Das zweite Resist kann durch Sprühbeschichten, Schleuderbeschichten oder Eintauchen in eine Lösung des zweiten Resists beschichtet bzw. aufgebracht werden.

Nach dem Aufbringen des zweiten Resists 2 kann das Resist 2 vorgetempert werden, zum Beispiel bei 85°C für ungefähr 60 Sekunden, falls notwendig.

Als nächstes werden, wie in Fig. 2(d) gezeigt ist, das erste Resistmuster 1a und das zweite Resist 2, die auf dem Halbleitersubstrat 1 gebildet sind, thermisch behandelt oder mischgetempert, auf das im folgenden einfach MB Bezug genommen werden kann, zum Beispiel bei einer Temperatur von 85 bis 150°C. Dadurch wird verursacht, daß die Säure von dem ersten Resistmuster 1a in das zweite Resist 2 diffundiert, und die Vernetzungsreaktion tritt an der Grenzfläche zwischen dem zweiten Resist 2 und dem ersten Resistmuster 1a auf. Die Misch-Temperatur/Zeit beträgt zum Beispiel 85°C bis 150°C/60 bis 120 Sekunden, und optimale Bedingungen können abhängig von den Arten des Resistmaterials und der nötigen Dicke der Reaktionsschicht gesetzt (eingestellt) werden.

Durch das Mischtempern wird die vernetzte Schicht 4, in der die Vernetzungsreaktion stattfand, in dem zweiten Resist 2 gebildet, um das erste Resistmuster 1a damit zu bedecken.

Als nächstes werden, wie in Fig. 2(e) gezeigt ist, unter Verwenden eines flüssigen Entwicklers, wie beispielsweise Wasser, oder einer alkalischen wäßrigen Lösung, wie beispielsweise TMAH, die nicht-vernetzten Abschnitte des zweiten Resists 2 entwickelt und entfernt, um ein zweites Resistmuster 2a zu bilden. Auf diese Weise kann ein Resistmuster erhalten werden, welches einen verringerten Innendurchmesser eines Lochmusters, eine verringerte Trennbreite eines Linienmusters oder eine vergrößerte Fläche eines Inselmusters besitzt.

Nun wird der Effekt des Verkürzens der Entwicklungszeit erklärt werden.

Die Erfinder fanden heraus, daß, wenn ein erstes Resistmuster 1a im Übergang vom Zustand der Fig. 2(a) zu dem Zustand der Fig. 2(b1) gebildet wird, die Dichte der Säure, die in der Oberflächenschicht des ersten Resistmuster 1a verbleibt, niedrig gemacht wird, und die gegenseitige Löslichkeit ist niedrig, falls die Entwicklungszeit die übliche ist.

In der vorliegenden Erfindung wird die Entwicklungszeit absichtlich gekürzt, wodurch die Dichte der in der inneren Oberflächenschicht des ersten Resistmusters 1a verbleibenden Säure erhöht wird, und die gegenseitige Löslichkeit wird erhöht.

Als eine Folge wird die Vernetzungsreaktion in dem Vorgang der Fig. 2(d) verstärkt, und die Vernetzungsschicht wird dick ausgebildet. Das bedeutet, das Gerüst des Resistmuster wird vergrößert.

Gemäß der Versuche der Erfinder betrug die Dicke der vernetzten Schicht (Gerüstdicke) 70 nm, wenn die Entwicklungszeit 60 Sekunden wie üblich betrug. Wenn die Entwicklungszeit 40 Sekunden betrug, betrug die Dicke der vernetzten Schicht 80 nm.

Ferner wurde gemäß der Versuche der Erfinder gezeigt,

daß je kürzer die Entwicklungszeit ist, desto dicker ist die vernetzte Schicht. Das heißt, die Gerüstdicke wurde vergrößert.

Auf die Entwicklung mit der verkürzten Zeit folgend wird der nicht-vernetzte Abschnitt des ersten Resists 1 entwickelt und entfernt, was einen verringerten feinen Spalt des zweiten Resistmusters 2 zur Folge hat. Auf diese Weise kann ein Resistmuster erhalten werden, welches einen weiter verringerten Innendurchmesser eines Lochmusters, eine weiter verringerte Trennbreite eines Linienmusters oder eine weiter vergrößerte Fläche eines Inselmusters besitzt.

Wie oben beschrieben wird in dem Verfahren des Bildens eines feinen Resistmusters, das mit Bezug auf Fig. 2(a) bis 2(c) gezeigt ist, die zweite Resistschicht 2 auf dem ersten Resistmuster 1a gebildet, und dann wird eine Säure in dem ersten Resistmuster 1a durch eine geeignete Wärmebehandlung erzeugt und wird in das zweite Resist 2 diffundiert.

Nun wird eine andere Verfahrensweise des Erzeugens einer Säure durch Belichtung anstelle von oder vor der Wärmebehandlung beschrieben.

Fig. 3(a) und 3(f) zeigen ein Flußdiagramm, das ein Verfahren zum Bilden eines fein getrennten Resistmusters in dieser Verfahrensweise darstellt. Die in Fig. 3(a) bis 3(c) gezeigten Schritte sind denjenigen der Fig. 2(a) bis 2(c) ähnlich, so daß die wiederholte Erklärung nicht gegeben werden wird. Das Verringern der Entwicklungszeit zum Bilden eines ersten Resistmusters 1a, das in Fig. 3(b) gezeigt ist, ist ähnlich wie oben erklärt.

Es wird angemerkt, daß das erste Resist 1 ein chemisch verstärktes Resist sein kann, welches von einem Mechanismus der Erzeugung einer Säure durch Belichtung Gebrauch macht. In dem chemisch verstärkten Resist tritt die Bildungsreaktion eines Säurekatalysators durch Anwendung von Licht, eines Elektronenstrahls, Röntgenstrahlen oder dergleichen auf, und die Verstärkungsreaktion, die durch den Säurekatalysator verursacht wird, wird genutzt.

Nach dem Bilden des in Fig. 3(c) gezeigten zweiten Resists 2 wird das Halbleitersubstrat 1 wieder dem g-Strahl oder i-Strahl einer Hg-Lampe auf der gesamten zugehörigen Oberfläche wie insbesondere in Fig. 3(d) gezeigt ist, ausgesetzt. Dadurch wird verursacht, daß eine Säure in dem ersten Resistmuster 1a erzeugt wird. Als eine Folge wird, wie in Fig. 3(e) gezeigt ist, eine vernetzte Schicht 4 entlang der Grenzfläche des zweiten Resists 2 mit dem ersten Resistmuster 1a gebildet.

Als eine Lichtquelle, die für die Belichtung benutzt wird, können Hg-Lampen, ein KrF-Excimer, ein ArF-Excimer und dergleichen verwendet werden, abhängig von der Lichtempfindlichkeits-Wellenlänge des ersten Resists 1 oder 1a. Die Lichtquelle ist nicht so kritisch, solange eine Säure durch Belichtung erzeugt wird, und eine geeignete Lichtquelle oder Belichtung kann abhängig von der Lichtempfindlichkeitswellenlänge des aufgetragenen ersten Resists 1 ausgewählt werden.

Wie oben beschrieben wird in dem in Fig. 3(a) bis 3(f) gezeigten Verfahren nach dem Bedecken des zweiten Resists 2 belichtet, und eine Säure wird in dem ersten Resistmuster 1a erzeugt. Da in einem derartigen Zustand belichtet wird, in dem das erste Resistmuster 1a mit dem zweiten Resist 2 bedeckt ist, kann eine Menge der in dem ersten Resistmuster 1a erzeugten Säure über einen weiten Bereich durch Steuern einer Belichtung genau gesteuert werden. Daher kann die Dicke der Reaktionsschicht 4 genau gesteuert werden.

Falls nötig, wird das Halbleitersubstrat 1 mit Wärme behandelt oder misch-getempert bei zum Beispiel 60 bis 130°C. Durch die Wärmebehandlung wird die Säure von dem ersten Resistmuster 1a mehr in das zweite Resist 2 diffundiert, wodurch vereinfacht wird, daß die Vernetzungsre-

aktion an der Grenzfläche zwischen dem zweiten Resist 2 und dem ersten Resistmuster 1a auftritt. Die Misch-Temperatur/Zeit beträgt 60 bis 130°C und 120 Sekunden, innerhalb dessen optimale Bedingungen eingestellt sind, abhängig von den Arten der Resistmaterialien und der nötigen Dicke der Reaktionsschicht.

Durch das Misch-Tempnern wird die vernetzte Schicht 4 in dem zweiten Resist 2 gebildet, um das erste Resistmuster 1a damit zu bedecken.

Der Schritt in Fig. 3(f) ist ähnlich zu demjenigen der Fig. 2(c).

In der vorliegenden Modifikation, wie auch in der ersten Ausführungsform wird die Dichte der in der Oberflächenschicht des Resistmusters 1a verbleibenden Säure erhöht, und die Dicke der vernetzten Schicht 4 wird vergrößert. Das heißt, daß die Gerüstdicke des Resistmusters vergrößert wird.

Auf diese Weise kann ein Resistmuster erhalten werden, in dem ein innerer Lochdurchmesser oder eine Trennbreite eines Liniennusters verringert ist, oder eine Fläche in einem Inselmuster vergrößert ist.

Das oben genannte Verfahren, d. h. das Verfahren des Erzeugens einer Säurekomponente in dem ersten Resistmuster 1a durch Belichtung, wie mit Bezug auf Fig. 3(a) bis 3(f) dargestellt ist, wird auf geeignete Weise auf den Fall angewendet, in dem die Reaktivität des ersten Resists 1 und des zweiten Resists 2 relativ niedrig ist, oder auf den Fall, in dem eine relativ dicke vernetzte Schicht erforderlich ist, oder auf den Fall, in dem insbesondere die einheitliche Vernetzungsreaktion erforderlich ist.

Als nächstes wird das Material für das zweite Resist 2 erklärt.

Das zweite Resist kann ein wasserlösliches, verletzbares Harz allein oder einer Mischung dieser Harze aufweisen. Alternativ kann ein wasserlösliches Vernetzungsmittel allein oder eine Mischung dieser Mittel benutzt werden. Ebenso kann eine Mischung dieser wasserlöslichen Harze und wasserlöslichen Vernetzungsmittel benutzt werden.

Wenn eine Mischung als das zweite Resist benutzt wird, muß seine optimale Zusammensetzung bestimmt werden, abhängig von der Art des ersten Resistmaterials und vorgeschriebenen Reaktionsbedingungen, und ist nicht auf eine bestimmte beschränkt.

Ferner wird als das zweite Resist vorzugsweise ein Copolymer, das aus zwei oder mehr Arten von wasserlöslichen Harzen als Harzkomponente besteht, welche fähig ist, eine Vernetzungsreaktion in der Anwesenheit einer Säure zu erzeugen oder zu durchlaufen, benutzt.

Beispiele der wasserlöslichen Harze, welche als das zweite Resist benutzt werden, weisen, wie in Fig. 4 gezeigt, folgende auf: Polyacrylsäure, Polyvinylacetal, Polyvinylpyrrolidon, Polyvinylalkohol, Polyethylenimin, Polyethylenoxid, Styrol-Maleinsäure-Copolymer bzw. Styren-Maleinsäure-Copolymer, Polyvinylaminharz, Polyallylamin, Oxazolin-Gruppen enthaltende Harze, wasserlösliche Melaminharze, wasserlösliche Harnstoffharze, Alkydharze, Sulfonamidharze und dergleichen. Die Harze sind nicht kritisch, falls sie eine Vernetzungsreaktion in der Anwesenheit einer säurehaltigen bzw. sauren Komponente durchlaufen. Alternativ ist es, falls sie keine Vernetzungsreaktion durchlaufen, ausreichend, daß die Harz mit einem wasserlöslichen Vernetzungsmittel mischbar sind. Die Harze können auf effektive Weise alleine oder in Kombination benutzt werden.

Diese wasserlöslichen Harze können einzeln oder in Kombination von zwei oder mehreren benutzt werden, und können auf geeignete Weise angepaßt werden, abhängig von sowohl den Reaktionsbedingungen, als auch der Reaktivität mit dem darunterliegenden ersten Resist 1.

Diese wasserlöslichen Harze können in Salz umgewandelt werden, wie beispielsweise Hydrochlorid bzw. Chloride, zum Zwecke des Verbesserns der Löslichkeit in Wasser.

Als nächstes weisen die wasserlöslichen Vernetzungsmittel, die als das zweite Resist benutzt werden, wie in Fig. 5 gezeigt, folgendes auf: Harnstoffgruppen-Vernetzungsmittel, wie beispielsweise Harnstoff, Alkoxymethylenharnstoffe, N-Alkoxymethylenharnstoffe, Ethylenharnstoff, Ethylenharnstoffcarboxylate und dergleichen, Melamingruppen-Vernetzungsmittel wie beispielsweise Melamin, Melaminderivate einschließlich Alkoxymethylenmelamin und Amino-Vernetzungsmittel wie beispielsweise Benzoguanamin, Glykoloril und dergleichen. Daher kann das zweite Resist nicht auf Amino-Vernetzungsmittel beschränkt werden und kann ein beliebiges von wasserlöslichen Vernetzungsmitteln enthalten, die eine Vernetzung in Anwesenheit von Säure erzeugen.

Ferner können wasserlösliche Resistmaterialien, die für das zweite Resist benutzt werden, eine Mischung dieser Harze und der Vernetzungsmittel sein. In diesen Mischungen können die Harze einzeln oder in Kombination benutzt werden und die Vernetzungsmittel können auch einzeln oder in Kombination benutzt werden.

Beispielsweise wird vorzugsweise eine Mischung von Polyvinylacetal-Harz als das wasserlösliche Harz und Ethylenharnstoff als das wasserlösliche Vernetzungsmittel benutzt. In diesem Fall weist wegen der hohen Löslichkeit in Wasser die Lösung der Mischung eine gute Lagerstabilität auf.

Es wird angemerkt, daß das Material, das als zweite Resist angewendet wird, nicht kritisch ist, vorausgesetzt, daß es in Wasser löslich ist oder in einem wasserlöslichen Lösungsmittel löslich ist, das nicht fähig ist, das erste Resistmuster aufzulösen und eine Vernetzungsreaktion in der Anwesenheit einer säurehaltigen bzw. sauren Komponente durchläuft.

Wie im Vorhergehenden dargelegt, kann die Vernetzungsreaktion nur durch Wärmebehandlung ohne Erzeugung einer Säure durch Wiederbelichtung des ersten Resistmusters 1a stattfinden. In diesem Fall wird bevorzugt, daß ein Material einer hohen Reaktivität als das zweite Resist 2 ausgewählt wird, und daß eine geeignete Wärmebehandlung, zum Beispiel bei 85°C bis 150°C, bewirkt wird.

Als ein bestimmtes Beispiel wird vorzugsweise als ein zweites Resist eine wasserlösliche Zusammensetzung mit Polyvinylacetal-Harz und Ethylenharnstoff, oder eine Zusammensetzung mit Polyvinylalkohol und Ethylenharnstoff, oder eine Mischung davon bei geeigneten Verhältnissen benutzt.

Als nächstes ist es wichtig, die Vernetzungsreaktion zwischen dem ersten Resist 1 und dem zweiten Resist 2 zu steuern, und auch die Dicke der vernetzten Schicht 4, die auf dem ersten Resistmuster 1a gebildet wird, zu steuern. Die Vernetzungsreaktion muß optimiert werden, abhängig von der Reaktivität zwischen dem ersten Resist 1 und dem zweiten Resist 2, der Form des ersten Resistmusters 1a und der beabsichtigten Dicke der vernetzten Schicht 4.

Die Steuerung der Vernetzungsreaktion zwischen dem ersten Resist und dem zweiten Resist kann durch Steuern der Vorgangsbedingungen (Prozeßbedingungen) oder durch Steuern der Zusammensetzung des zweiten Resistmaterials ausgeführt werden.

Die effektive Vorgangssteuerung der Vernetzungsreaktion kann durch (1) die Steuerung einer Belichtung des ersten Resistmusters 1a, oder (2) die Steuerung der MB(Misch-Temper)-Temperatur und der Behandlungszeit ausgeführt werden. Insbesondere kann, wenn die Erwärm- und Vernet-

zungszeit (MB-Zeit) gesteuert wird, die Dicke der vernetzten Schicht gesteuert werden. Dieses Verfahren sichert eine sehr gute Reaktionssteuerung.

Vom Blickpunkt des Steuerns der Materialzusammensetzung aus, die als das zweite Resist benutzt wird, kann die Steuerung der Vernetzungsreaktion ausgeführt werden durch (3) eine Technik, in der zwei oder mehr von geeigneten wasserlöslichen Harzen bei einem gesteuerten Mischverhältnis zum Steuern der Reaktivität mit dem ersten Resist gemischt werden, oder (4) eine Technik des Mischens eines geeigneten wasserlöslichen Vernetzungsmittels mit einem wasserlöslichen Harz bei einem gesteuerten Mischverhältnis, um die Reaktivität mit dem ersten Resist zu steuern.

Jedoch werden diese Steuerungen der Vernetzungsreaktion nicht eindeutig bestimmt, sondern müssen bestimmt werden, während verschiedene Bedingungen in Betracht gezogen werden, einschließlich (1) der Reaktivität zwischen dem zweiten Resistmaterial und dem ersten Resistmaterial, (2) der Form und der Dicke des ersten Resistmusters, (3) der beabsichtigten Dicke der vernetzten Schicht, (4) benutzbare Belichtungsbedingungen oder MB-Bedingungen und (5) Beschichtungsbedingungen.

Insbesondere ist bekannt, daß die Reaktivität zwischen dem ersten Resist und dem zweiten Resist einem Einfluß der Materialzusammensetzung des ersten Resists unterliegt. In der Praxis muß die Materialzusammensetzung des zweiten Resists vorzugsweise optimiert sein, während die oben erwähnten Faktoren oder Bedingungen in Betracht gezogen werden.

Demgemäß sind die Arten und Zusammensetzungsverhältnisse des wasserlöslichen Materials, das als das zweite Resist benutzt wird, nicht kritisch und müssen optimal bestimmt sein, abhängig von den Arten von Materialien und Wärmebehandlungsbedingungen.

Es wird angemerkt, daß Weichmacher, wie beispielsweise Ethylenglykol, Glycerin, Triethylenglykol und dergleichen zu dem zweiten Resistmaterial als ein Additiv hinzugefügt werden können.

Es wird auch angemerkt, daß, um die Filmbildungseigenschaft zu verbessern, oberflächenaktive Mittel, z. B. wasserlösliche oberflächenaktive Mittel wie beispielsweise Floxade von Sumitomo 3M Limited und Nonipole von Sanyo Chemical Industries Ltd. zu dem zweiten Resistmaterial als ein Additiv hinzugefügt werden können.

Als nächstes werden die Lösungsmittel für die Benutzung mit dem zweiten Resist erklärt.

Die Lösungsmittel, die für das zweite Resist benutzt werden, dürfen nicht das erste Resistmuster auflösen und müssen wasserlösliche Materialien gut auflösen. Die Lösungsmittel sind nicht kritisch, vorausgesetzt, daß den oben genannten Erfordernissen genügt ist.

Beispielsweise können die Lösungsmittel für das zweite Resist Wasser (reines Wasser), Wasser und alkoholische Lösungsmittel wie beispielsweise IPA (Isopropylalkohol) oder wasserlösliche organische Lösungsmittel, wie beispielsweise N-Methylpyrrolidon benutzt werden, und sie können einzeln oder in Kombination benutzt werden.

Die Lösungsmittel, die mit Wasser gemischt werden, sind nicht kritisch, vorausgesetzt, daß sie in Wasser löslich sind. Beispiele weisen folgende auf: Alkohole, wie beispielsweise Ethanol, Methanol, Isopropylalkohol und dergleichen, γ -Butyrolacton, Aceton und dergleichen. Das Lösungsmittel wird in einem Verhältnis in einem Bereich gemischt, in dem es das erste Resistmuster nicht auflöst, während die Löslichkeit eines Materials für das zweite Resist berücksichtigt wird.

In dem oben genannten Beispiel wurde ein Verfahren zum Bilden eines feinen Resistmusters über bzw. oberhalb der

gesamten Oberfläche des Halbleitersubstrats 1 beschrieben. Als nächstes wird ein Verfahren zum Bilden eines feinen Resistmusters selektiv auf einem erwünschten Bereich oder auf Bereichen des Halbleitersubstrats 1 beschrieben.

Fig. 6(a) bis 6(f) zeigen einen Vorgangsfluß (Prozeßfluß) des Bildungsverfahrens eines feinen Resistmusters. Anfänglich sind die Schritte der Fig. 6(a) bis 6(c) dieselben der Fig. 3(a) bis 3(c). Die Verringerung der Entwicklungszeit zum Bilden eines ersten Resistmusters 1a, das in Fig. 6(b) gezeigt ist, ist ähnlich wie oben beschrieben.

Wie in Fig. 6(c) gezeigt ist, wird die zweite Resistschicht 2 gebildet. Danach wird, wie in Fig. 6(d) gezeigt ist, ein Teil des Halbleitersubstrats 3 mit einer Lichtabschirmplatte 5 abgeschildert, und der ausgewählte Bereich wird einem g- oder einem i-Strahl (Linie) einer Hg-Lampe wieder ausgesetzt. Dadurch wird in dem ersten Resistmuster 1a eine Säure erzeugt. Dann wird, wie in Fig. 6(e) gezeigt ist, eine vernetzte Schicht 4 entlang der Grenzfläche des zweiten Resists 2, das mit dem ersten Resistmuster 1a in Kontakt steht, in dem belichteten Abschnitt gebildet.

Der Schritt der Fig. 6(f) ist ähnlich zu demjenigen der Fig. 3(f) und wird hier nicht weiter dargelegt.

In der vorliegenden Modifikation, wie auch in der ersten Ausführungsform wird die Dichte der in der oberflächenschicht des ersten Resistmusters 1a verbleibenden Säure erhöht, und die Dicke der vernetzten Schicht 4 wird vergrößert. Das heißt, die Gerüst-Dicke des Resistmusters wird vergrößert.

Auf diese Weise wird die vernetzte Schicht 4 auf dem ersten Resistmuster 1a in dem ausgewählten Bereich des Halbleitersubstrats 3 wie in Fig. 6(f) gezeigt, gebildet, und es wird keine beliebige vernetzte Schicht in dem ersten Resistmuster in dem anderen Bereich gebildet.

Gemäß des oben beschriebenen Verfahrens ermöglicht die geeignete Belichtungsmaske, daß die Schicht auf der Halbleitervorrichtung 1 derart belichtet wird, daß der belichtete Abschnitt und der nicht belichtete Abschnitt voneinander unterschieden werden, und dadurch werden der Bereich des zu vernetzenden zweiten Resistmusters und der Bereich des nicht zu vernetzenden zweiten Resistmusters in dem Grenzabschnitt zwischen dem zweiten Resistmuster und dem ersten Resistmuster gebildet.

Auf diese Weise können feine Löcher oder feine Zwischenräume mit verschiedenen Abmessungen auf demselben Halbleitersubstrat gebildet werden.

Fig. 7(a) bis 7(f) sind ein Vorgangs-Flußdiagramm (Prozeßflußdiagramm), das ein anderes Verfahren des selektiven Bildens eines feinen Resistmusters in einem erwünschten Bereich des Halbleitersubstrats 1 darstellt. Die Schritte der Fig. 7(a) bis 7(c) sind dieselben der Fig. 2(a) bis 2(c). Die Verringerung der Entwicklungszeit zum Bilden eines ersten Resistmusters 1a, das in Fig. 7(b) gezeigt ist, ist ähnlich wie oben erklärt.

Dann wird, wie in Fig. 7(c) gezeigt ist, die zweite Resistschicht 2 gebildet. Dann wird ein bestimmter Bereich des Halbleitersubstrats 3 mit einer Elektronenstrahlabschirmplatte 6 abgeschildert. Dann wird ein Elektronenstrahl auf den anderen Bereich ausgestrahlt.

Danach wird das Substrat in dem Schritt der Fig. 7(e) wärmebehandelt. Dadurch wird eine vernetzte Schicht in dem Bereich gebildet, in dem nicht mit dem Elektronenstrahl bestrahlt wurde, während keine vernetzte Schicht in dem Bereich gebildet wird, in dem mit dem Elektronenstrahl bestrahlt wurde.

Der Schritt der Fig. 7(f) ist ähnlich zu demjenigen der Fig. 2(f) und wird hier nicht weiter erklärt.

In der vorliegenden Modifikation, wie auch in der ersten Ausführungsform wird die Dichte der in der oberflächenschicht

schicht des Resistmusters 1a verbleibenden Säure erhöht, und die Dicke der vernetzten Schicht 4 wird vergrößert. Das heißt, daß die Gerüstdicke der Resistsschicht vergrößert wird.

Auf diese Weise wird die vernetzte Schicht 4 auf dem ersten Resistmuster 1a in dem ausgewählten Bereich des Halbleitersubstrats 3, wie in Fig. 7(i) gezeigt, gebildet, und keine vernetzte Schicht wird auf dem ersten Resistmuster in dem anderen Bereich gebildet. Daher können kleine Löcher oder feine Zwischenräume mit verschiedenen Abmessungen auf demselben Halbleitersubstrat gebildet werden.

Oben wurde das Verfahren des Bildens eines fein getrennten Resistmusters auf dem Substrat 3 im Detail beschrieben. Das fein getrennte Resistmuster kann nicht nur auf dem Halbleitersubstrat 3, sondern auch auf einer Isolierschicht, wie beispielsweise einer Siliziumoxidschicht, oder auf einer leitenden Schicht, wie beispielsweise einer Polysiliziumschicht gebildet werden, abhängig von einem Herstellungsvorgang einer Halbleitervorrichtung.

Die beschriebene Bildung eines fein getrennten Resistmusters ist nicht auf die Art der darunterliegenden Schicht beschränkt, sondern ein derartiges Resistmuster kann auf jede Art von darunterliegender Schicht oder einem Substrat, das fähig ist, ein Resistmuster darauf auszubilden, gebildet werden, und kann auf jeder darunterliegenden Schicht oder jedem Substrat gebildet werden. All diese Substrate werden hier gattungsmäßig als eine "Halbleitergrundschicht" bezeichnet.

Das auf diese Weise gebildete fein getrennte Resistmuster wird als eine Maske benutzt, gefolgt durch Ätzen des darunterliegenden Halbleitersubstrats oder der Halbleitergrundschicht einschließlich verschiedener Arten von dünnen Schichten, um feine Zwischenräume oder Löcher in der Halbleitergrundschicht zu bilden. Daher kann eine Halbleitervorrichtung hergestellt werden.

Ein Material und seine Zusammensetzung für das zweite Resist und eine MB-Temperatur werden auf geeignete Weise bestimmt und das fein getrennte Resistmuster kann durch Bilden der vernetzten Schicht auf dem ersten Resistmuster erhalten werden. Dann kann ein Halbleitersubstrat oder eine Halbleitergrundschicht unter Verwenden des derart feinen Resistmusters als eine Maske geätzt werden. Als eine Folge können die Seitenoberflächen des geätzten Substrats auf effektive Weise aufgeraut werden.

Zweite Ausführungsform

Fig. 8(a) bis 8(e) zeigen einen Vorgangsfluß (Prozeßfluß), der ein Verfahren zum Bilden eines fein getrennten Resistmusters gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt. Es wird auf Fig. 1(a) bis 1(c) und Fig. 8(a) bis 8(e) Bezug genommen: das Verfahren zum Bilden eines fein getrennten Resistmusters der zweiten Ausführungsform und ein Verfahren zum Herstellen einer Halbleitervorrichtung unter Verwenden des Musters werden beschrieben.

Zuerst wird, wie in Fig. 8(a) gezeigt ist, ein erstes Resist 11, das eine kleine Menge einer säurehaltigen bzw. sauren Substanz darin enthält, auf einem Halbleitersubstrat 3 aufgebracht. Das erste Resist 11 wird vorgetempert oder thermisch behandelt bei 70 bis 110°C für ungefähr 1 Minute, gefolgt von einer Belichtung mit einem g- oder i-Strahl (Linie) einer Hg-Lampe durch eine Maske mit einem derartigen Muster, wie in Fig. 1(a), 1(b) oder 1(c) gezeigt ist.

Nach der Belichtung des ersten Resists 1 kann ein Nachbelichtungs-Temporn (PEB) ausgeführt werden, zum Beispiel bei einer PEB-Temperatur von 50 bis 130°C, falls nötig, um die Auflösung des Resists 1 zu verbessern.

Nachfolgend wird eine alkalische wäßrige Lösung von ungefähr 0,05 bis 3,0 Gew.-% von TMAH (Tetramethylammoniumhydroxid) für die Entwicklung benutzt. Das Merkmal der vorliegenden Erfindung ist es auch, die Zeit, die für die Entwicklung erforderlich ist, im Vergleich zu der üblichen Entwicklung wesentlich zu kürzen.

Fig. 8(b) zeigt das auf diese Weise gebildete erste Resistmuster 11a. In der vorliegenden Ausführungsform wird die Dichte der in der Oberflächenschicht des ersten Resistmusters 11a verbleibenden Säure wesentlich erhöht im Vergleich mit den vorangegangenen Technologien mit einer normalen oder üblichen Entwicklungszeit. Wie später erklärt wird, wird dies zu einem Anstieg einer Dicke der Vernetzungsschicht beitragen.

Als das Material für das erste Resist 11 können diejenigen Materialien, die in der ersten Ausführungsform erklärt wurden, effektiv benutzt werden. Die detaillierte Beschreibung davon erfolgt hier nicht, um eine Wiederholung zu vermeiden. Die in dem ersten Resist 11 enthaltene Säure weist vorzugsweise Karbonsäuren eines niedrigen Molekulargewichts auf.

Danach wird das Substrat wärmebehandelt mittels PEB bei 10 bis 130°C, falls nötig, um die Auflösung des Resists zu verbessern und dann mit einer verdünnten wäßrigen Lösung von ungefähr 2,0% von TMAH (Tetramethylammoniumhydroxid) entwickelt.

Nachfolgend kann das Substrat einem Nachentwicklung-Temporn unterzogen werden, falls nötig. Diese Wärmebehandlung bewirkt eine nachfolgende Mischreaktion und muß bei einer geeigneten Temperatur stattfinden. Der oben beschriebene Vorgang ist ähnlich einem in der Beschreibungseinleitung beschriebenen Resistmuster-Bildungsvorgang, ausgenommen, daß das Resist 11, das eine Säure enthält, benutzt wird.

Nachdem das Resistmuster 11a wie in Fig. 8(b) gezeigt gebildet ist, wird ein zweites Resist 12 über dem Halbleitersubstrat 3 wie in Fig. 8(c) gezeigt aufgebracht. Das zweite Resist 12 besteht hauptsächlich aus einem vernetzbaren Material, das in der Anwesenheit einer Säure zur Vernetzung fähig ist, und kann in einem Lösungsmittel gelöst sein, welches das erste Resist 11 nicht auflöst.

Das Material für das zweite Resist 12 und das Lösungsmittel dafür sind dieselben, welche in der ersten Ausführungsform genannt sind, und werden in dieser zweiten Ausführungsform auf effektive Weise benutzt. Deshalb wird die detaillierte Beschreibung davon unterlassen, um eine Wiederholung zu vermeiden.

Nach dem Aufbringen des zweiten Resists 12 wird dieses vorgetempert, falls nötig. Diese Wärmebehandlung bewirkt eine nachfolgende Mischreaktion und muß bei einer geeigneten Temperatur stattfinden.

Dann wird, wie in Fig. 8(d) gezeigt, das Halbleitersubstrat 3 wärmebehandelt, zum Beispiel bei 60 bis 130°C, wodurch verursacht wird, daß eine Vernetzungsreaktion in der Nachbarschaft der Grenzfläche zwischen dem zweiten Resist 12 und dem ersten Resistmuster 11a mittels einer Säure von der kleinen Menge der säurehaltigen bzw. sauren Substanz, die in dem ersten Resistmuster 11a enthalten ist, auftritt. Daher wird eine vernetzte Schicht 14, welche durch die Vernetzungsreaktion erhalten wird, in dem zweiten Resist 12 erhalten, um das erste Resistmuster 11a zu bedecken.

Dann wird, wie in Fig. 8(e) gezeigt ist, der nicht-vernetzte Abschnitt des zweiten Resists 12 mit Wasser oder einem flüssigen Entwickler, wie beispielsweise TMAH, entwickelt, und von dem Substrat entfernt.

In der vorliegenden Ausführungsform, wie auch in der ersten Ausführungsform wird die Dichte der Säure, die in der Oberflächenschicht des ersten Resistmuster 11a verbleibt,

erhöht, und die Dicke der vernetzten Schicht 4 wird vergrößert. Das heißt, daß die Gerüstdicke des Resistmusters vergrößert wird.

Gemäß des oben genannten Vorgangs kann ein Resistmuster erhalten werden, in dem ein innerer Lochdurchmesser eines Lochmusters oder eine Trennbreite eines Linienmusters verringert ist, oder eine Fläche eines Inselmusters vergrößert ist.

In der zweiten Ausführungsform muß das erste Resist 11 bei der Belichtung keine Säure erzeugen, aber das erste Resist 11 muß so ausgebildet sein, daß darin eine Säure enthalten ist. Die Säure wird durch Anwendung von Wärme für die Vernetzung diffundiert. Die Säure, die in dem ersten Resist 11 enthalten ist, können vorzugsweise Karbonsäuren eines niedrigen Molekulargewichts sein, sind aber nicht kritisch, sofern sie mit einer Resistlösung gemischt werden können.

Das fein getrennte Resistmuster wird auf verschiedenen Arten von Halbleitersubstraten gebildet und kann als eine Maske zum Bilden fein getrennter Zwischenräume oder feiner Löcher in dem Halbleitersubstrat in einer Weise benutzt werden, wie in bezug auf die oben genannte erste Ausführungsform beschrieben wurde.

Dritte Ausführungsform

Fig. 9(a) bis 9(g) zeigen einen Vorgangsfluß (Prozeßfluß), der ein Verfahren zum Bilden eines fein getrennten Resistmusters gemäß einer dritten Ausführungsform darstellt. Es wird auf Fig. 1(a) bis 1(c) und Fig. 9(a) bis 9(g) Bezug genommen; ein Verfahren zum Bilden eines fein getrennten Resistmusters und ein Verfahren zum Herstellen einer Halbleitervorrichtung unter Verwenden des Musters werden beschrieben.

Anfänglich wird, wie in Fig. 9(a) gezeigt ist, ein erstes Resist 21 auf einem Halbleitersubstrat 3 aufgebracht. Das erste Resist 21 wird vorgetempert oder wärmebehandelt bei 70 bis 100°C für ungefähr 1 Minute. Dann wird das erste Resist 21 durch eine Maske mit einem derartigen Muster, wie in Fig. 1(a), 1(b) oder 1(c) gezeigt ist, belichtet. Das Belichtungslicht kann ein g-Strahl (g-Linie) oder ein i-Strahl (i-Linie) einer Hg-Lampe sein, abhängig von einer Lichtempfindlichkeitswellenlänge des ersten Resist 21.

Als das Material für das erste Resist 21 können diejenigen, die mit Bezug auf die erste Ausführungsform beschrieben wurden, effektiv benutzt werden. Die detaillierte Beschreibung des Materials erfolgt hier nicht, um eine Wiederholung zu vermeiden.

Dann wird das Substrat mittels PEB wärmebehandelt, zum Beispiel bei 10 bis 130°C, um die Auflösung des Resist zu verbessern, falls nötig. Dann wird das erste Resist 21 mit einer verdünnten wäßrigen Lösung von ungefähr 2,0% von TMAH (Tetramethylammoniumhydroxid) entwickelt. Das Merkmal der vorliegenden Ausführungsform ist es, die Zeit, die für die Entwicklung erforderlich ist, wesentlich zu kürzen.

Fig. 9(b) zeigt das resultierende erste Resistmuster 21a. In der vorliegenden Ausführungsform wird die Dichte der Säure, die in der Oberflächenschicht des ersten Resistmusters 11a verbleibt, wesentlich erhöht im Vergleich zu den vorhergehenden Technologien mit einer normalen oder üblichen Entwicklungszeit. Wie später erklärt wird, wird dies zu einem Anstieg einer Dicke der Vernetzungsschicht beitragen.

Nachfolgend kann ein Nachentwicklungs-Tempern bewirkt werden, falls nötig. Diese Wärmebehandlung bewirkt eine nachfolgende Mischreaktion und muß bei einer geeigneten Temperatur stattfinden. Der oben genannte Vorgang

ist ähnlich zu einem üblichen Resist-Bildungsvorgang.

Nach der Bildung des Musters der Fig. 9(b) wird das Halbleitersubstrat 3 einem Eintauchen in eine Säurelösung, wie in Fig. 9(c) gezeigt, unterzogen. Das Puddle-Entwicklungs-Verfahren (Auftropf-Entwicklungs-Verfahren) oder das Säure-Verdampfungs-Verfahren kann gewöhnlicherweise als die Behandlungstechnik benutzt werden. Das Halbleitersubstrat kann einer Oberflächenbehandlung mit einem säurehaltigen bzw. sauren Gas unterzogen werden. Die säurehaltige Lösung oder das säurehaltige Gas kann entweder eine organische Säure oder eine anorganische Säure aufweisen. Vorzugsweise wird eine Essigsäure einer niedrigen Konzentration benutzt.

In diesem Schritt wird die Säure in der Nachbarschaft der Grenzfläche des Resistmusters 21a aufgesaugt, um eine dünne Schicht, welche die Säure enthält, zu bilden, gefolgt von Spülen mit reinem Wasser, falls nötig.

Dann wird, wie in Fig. 9(c) gezeigt ist, ein zweites Resist 22 auf dem ersten Resistmuster 21, wie in Fig. 9(c) gezeigt, aufgebracht. Das zweite Resist 22 besteht hauptsächlich aus einem vernetzbaren Material, das in Anwesenheit einer Säure zum Vernetzen fähig ist, und wird in einem Lösungsmittel aufgelöst, welches nicht das erste Resist 21 auflösen wird. Das Material für das zweite Resist 22 und das Lösungsmittel dafür sind dieselben oder ähnlich zu denjenigen, die in der ersten Ausführungsform dargelegt wurden, und werden in dieser Ausführungsform effektiv genutzt. Die detaillierte Beschreibung davon erfolgt nicht, um eine Wiederholung zu vermeiden.

Nach dem Aufbringen des zweiten Resist 22 wird das zweite Resist 22 vorgetempert, falls nötig. Diese Wärmebehandlung bewirkt eine nachfolgende Mischreaktion und muß bei einer geeigneten Temperatur stattfinden.

Dann wird, wie in Fig. 9(f) gezeigt, das Halbleitersubstrat 3 wärmebehandelt, zum Beispiel bei 60 bis 130°C, und für die Vernetzung getempert, wodurch eine Vernetzungsreaktion in der Nachbarschaft der Grenzfläche zwischen dem zweiten Resist 22 und dem ersten Resistmuster 21a mittels einer Säure, die von dem ersten Resistmuster 21a zugeführt wurde, verursacht wird.

Dadurch wird eine vernetzte Schicht 4 in dem zweiten Resist 22 durch die Vernetzungsreaktion zum Bedecken des ersten Resistmuster 21a gebildet.

Dann wird, wie in Fig. 9(g) gezeigt ist, der nicht-vernetzte Abschnitt des zweiten Resist 22 mit Wasser oder einem flüssigen Entwickler, wie beispielsweise TMAH, entwickelt, und von dem Substrat entfernt.

In der vorliegenden Ausführungsform, wie auch in der ersten Ausführungsform, wird die Dichte der in der Oberflächenschicht des ersten Resistmuster 21a verbleibenden Säure erhöht, und die Dicke der vernetzten Schicht 24 wird vergrößert. Das heißt, daß die Gerüstdicke des Resistmusters vergrößert wird.

Gemäß der oben genannten Behandlungen wird ein Resistmuster erhalten, in dem ein innerer Lochdurchmesser eines Lochmusters oder eine Trennbreite eines Linienmusters verringert ist, oder eine Fläche eines Inselmusters vergrößert ist.

Wie von dem oben Dargelegten offenbar ist, ist gemäß der dritten Ausführungsform kein Schritt des Erzeugens einer Säure in der ersten Resistschicht durch Belichten nötig. Vor dem Bilden des zweiten Resist 22 auf dem ersten Resistmuster 21a wird die Oberfläche mit einem säurehaltigen bzw. sauren Gas behandelt, welches für die Vernetzung in einem nachfolgenden Wärmebehandlungsschritt diffundiert wird.

Das fein getrennte Resistmuster wird auf verschiedenen Arten von Halbleitersubstraten gebildet und kann als eine Maske zum Bilden fein getrennter Zwischenräume oder fei-

ner Löcher in dem Halbleitersubstrat in einer Weise benutzt werden, wie im Hinblick auf die oben dargelegte erste oder zweite Ausführungsform beschrieben wurde.

Beispiele, die sich auf die vorgenannte erste bis dritte Ausführungsform beziehen, werden beschrieben. Ein Beispiel kann sich auf eine oder mehrere Ausführungsformen, wie oben beschrieben, beziehen, so daß die Beispiele kollektiv dargelegt werden.

Zuerst werden Beispiele 1 bis 5, die sich auf ein erstes Resistmaterial beziehen, beschrieben.

Beispiel 1

Als ein erstes Resist wurde ein Resistmuster gebildet durch Verwenden eines i-Linienresists, das aus Novolakharz und Naphthochinondiazid besteht, welche in Ethyllactat und Propylenglykolmonooethylacetat aufgelöst sind.

Insbesondere wurde das Resist über einen Si-Wafer getropft und schleuderbeschichtet, gefolgt durch Vortempern unter Bedingungen von 85°C/70 Sekunden, um zu verursachen, daß das Lösungsmittel von dem Resist verdampft wird, um ein ungefähr 1,0 µm dickes erstes Resist zu bilden.

Danach wurde das erste Resist einer i-Linie von einer i-Linienreduzierten Projektions-Belichtungsvorrichtung durch Masken, wie in Fig. 1(a), 1(b) oder 1(c) gezeigt sind, belichtet, gefolgt von einer PEB-Behandlung unter Bedingungen von 120°C/70 Sekunden. Dann wurde das erste Resist in einer verkürzten Zeit mit einem alkalischen Entwickler (NMD3, hergestellt durch Tokyo Ohka Kogyo Co., Ltd.) entwickelt, um Resistmuster mit derartigen Trenngrößen, wie in Fig. 10(a) bis 10(c) gezeigt, zu erhalten.

Beispiel 2

Als ein erstes Resist wurde ein Resistmuster von einem i-Linien-Resist gebildet, das aus Novolakharz und Naphthochinondiazid besteht, welche in 2-Heptanon aufgelöst sind.

Das Resist wurde über einen Si-Wafer getropft und schleuderbeschichtet, wodurch eine Resistschicht einer Dicke von ungefähr 0,8 µm gebildet wurde. Danach wurde die Schicht unter Bedingungen von 85°C/70 Sekunden zum Trocknen des Lösungsmittels in der Schicht vorgetempert. Danach wurde die Schicht mit Licht von einer i-Linienreduzierten Projektions-Belichtungsvorrichtung durch Masken, wie in Fig. 1(a), 1(b) und 1(c) gezeigt, belichtet, gefolgt von einer PEB-Behandlung unter Bedingungen von 120°C/70 Sekunden. Dann wurde die Schicht in einer verkürzten Zeit mit einem alkalischen Entwickler (NMD3, hergestellt durch Tokyo Ohka Kogyo Co., Ltd.) entwickelt, um Resistmuster mit derartigen Trenngrößen, wie in Fig. 10(a) bis 10(c) gezeigt, zu erhalten.

Beispiel 3

Als ein erstes Resist wurde ein Resistmuster von einem i-Linien-Resist gebildet, das aus Novolakharz und Naphthochinondiazid besteht, welche in einem gemischten Lösungsmittel von Ethyllactat und Butylacetat aufgelöst sind.

Das Resist wurde über einen Si-Wafer getropft und schleuderbeschichtet, wodurch eine Resistschicht einer Dicke von ungefähr 1,0 µm gebildet wurde. Danach wurde die Schicht unter Bedingungen von 100°C/90 Sekunden vorgetempert, um das Lösungsmittel in der Schicht zu trocknen.

Danach wurde die Schicht belichtet unter Verwenden eines Steppers von Nikkon Corporation, durch Masken, wie in Fig. 1(a), 1(b) und 1(c) gezeigt, gefolgt von einer PEB-Behandlung

unter Bedingungen von 110°C/60 Sekunden. Dann wurde die Schicht in einer verkürzten Zeit mit einem alkalischen Entwickler (NMD3, hergestellt durch Tokyo Ohka Kogyo Co., Ltd.) entwickelt, um Resistmuster, wie in Fig. 10(a) bis 10(c) gezeigt, zu erhalten.

Beispiel 4

Als ein erstes Resist wurde ein Resistmuster von einem chemisch verstärkten Excimer-Resist von Tokyo Ohka Kogyo Co., Ltd. gebildet.

Das Resist wurde über einen Si-Wafer getropft und schleuderbeschichtet, wodurch eine Resistschicht von ungefähr 0,8 µm Dicke gebildet wurde. Danach wurde die Schicht vorgetempert unter Bedingungen von 90°C/90 Sekunden, um das Lösungsmittel in der Schicht zu trocknen. Danach wurde die Schicht belichtet durch Verwenden einer KrF-Excimer-reduzierten Projektionsbelichtungsvorrichtung durch Masken, wie in Fig. 1(a), 1(b) und 1(c) gezeigt sind, gefolgt von einer PEB-Behandlung unter Bedingungen von 100°C/90 Sekunden. Dann wurde die Schicht in einer verkürzten Zeit mit einem alkalischen Entwickler (NMD-W, hergestellt durch Tokyo Ohka Kogyo Co., Ltd.) entwickelt, um Resistmuster, wie in Fig. 11(a) bis 11(c) gezeigt, zu erhalten.

Beispiel 5

Als ein erstes Resist wurde ein Resistmuster von einem chemisch verstärkten Resist von Hishiden Chemical Ind. Co., Ltd. (Melker, J. Vac. Sci. Technol. B 11 (6) 2773, 1993), welches aus t-Boc-Polyhydroxystyrol und einem Säureerzeuger besteht, gebildet.

Das Resist wurde über einen Si-Wafer getropft und schleuderbeschichtet, wodurch eine Schicht von ungefähr 0,52 µm Dicke gebildet wurde. Danach wurde die Schicht vorgetempert unter Bedingungen von 120°C/180 Sekunden, um das Lösungsmittel in der Schicht zu trocknen. Danach wurde Spacer ESP-100 von Showa Denko K.K., das als ein antistatisches Mittel dient, auf das Resist in derselben Weise wie oben dargelegt, schleuderbeschichtet, gefolgt von Tempern unter Bedingungen von 80°C/120 Sekunden.

Unter Verwenden einer EB-Schreibvorrichtung bzw. EB-Belichtungsvorrichtung wurde ein Bild bei 17,4 µC/cm² geschrieben (bzw. belichtet), gefolgt von einer PEB-Behandlung unter Bedingungen von 80°C/120 Sekunden. Dann wurde die antistatische Schicht mit reinem Wasser entfernt und dann in einer verkürzten Zeit mit einem alkalischen TMAH-Entwickler (NMD-W, hergestellt durch Tokyo Ohka Kogyo Co., Ltd.) entwickelt.

Als eine Folge gab es EB-Resistmuster mit einem Zwischenraum von ungefähr 0,2 µm., wie in Fig. 12(a) bis 12(c) gezeigt sind.

Als nächstes werden Beispiele 6 bis 13, die sich auf das zweite Resistmaterial beziehen, gezeigt.

Beispiel 6

Als ein zweites Resistmaterial wurde 400 g reines Wasser zu 100 g zu einer 20 gew.-%igen wäßrigen Lösung jeweils von KW3 und KW1, welche jeweils ein Polyvinylacetalharz von Sekisui Chemical Co., Ltd. waren, in einem Litermeßkolben hinzugefügt, gefolgt von Mischen unter Rühren bei Raumtemperatur für 6 Stunden, um 5 gew.-%ige wäßrige Lösungen von Polyvinylacetal KW3 bzw. KW1 zu erhalten.

Beispiel 7

In derselben Weise wie in Beispiel 6 wurden 5 gew.-%ige wäßrige Lösungen eines Polyvinylalkoholharzes, eines Oxazolenthaltenden wasserlöslichen Harzes (Epocross WS 500, hergestellt durch Nippon Shokubai Co., Ltd.), bzw. von Styrol-Maleinsäureanhydrid-Copolymeren (SMA 1000, 1400H, hergestellt durch ARCO Chemical Co.), welche anstelle der Polyvinylacetalharze des Beispiels 6 benutzt wurden, erhalten.

Beispiel 8

Als ein zweites Resistmaterial wurde eine wäßrige Lösung von ungefähr 10 Gew.-% von Methylolmelamin durch Mischen von 100 g von Methoxymethylolmelamin (Cymel 370 von Mitsui Cynamide Co., Ltd.), 780 g reinen Wassers und 40 g von IPA (Isopropylalkohol) in einem Litermeßkolben unter Rühren bei Raumtemperatur für 6 Stunden erhalten.

Beispiel 9

Als ein zweites Resistmaterial wurde eine wäßrige Lösung von ungefähr 10 Gew.-% von Ethylenharnstoff durch Mischen von 100 g (N-Methoxymethyl-)Methoxyethylenharnstoff, 100 g (N-Methoxymethyl-)Hydroxyethylenharnstoff oder 100 g N-Methoxymethylharnstoff, jeweils mit 860 g reinem Wasser und 40 g von IPA (Isopropylalkohol) in einem Litermeßkolben unter Rühren bei Raumtemperatur für 6 Stunden erhalten.

Beispiel 10

Als ein zweites Resistmaterial wurde eine Lösung einer Mischung eines wasserlöslichen Harzes und eines wasserlöslichen Mittels durch Mischen von 160 g der wäßrigen Lösung von Polyvinylacetal KW3, die in Beispiel 6 erhalten wurde, 20 g der wäßrigen Methoxymethylolmelamin-Lösung, die in Beispiel 8 erhalten wurde, und 20 g reinen Wassers unter Rühren bei Raumtemperatur für 6 Stunden erhalten.

Beispiel 11

Als ein zweites Resist wurden Lösungen eines wasserlöslichen Harzes und der entsprechenden wasserlöslichen Vernetzungsmittel durch Mischen einer Mischung von iGog der wäßrigen Lösung von Polyvinylacetal KW3, die in Beispiel 6 erhalten wurde und jeweils von 20 g der wäßrigen (N-Methoxymethyl-)Methoxyethylenharnstoff-Lösung, 20 g von (N-Methoxymethyl-)Hydroxyethylenharnstoff und 20 g von N-Methoxymethylharnstoff mit 20 g reinem Wasser unter Rühren bei Raumtemperatur für 6 Stunden erhalten.

Beispiel 12

Als ein zweites Resistmaterial wurden wäßrige Lösungen erhalten durch Mischen von 160 g der wäßrigen Lösung von Polyvinylacetal KW3, die in Beispiel 6 erhalten wurde, und der wäßrigen Methoxyethylenharnstoff-Lösung, die in Beispiel 9 erhalten wurde, in verschiedenen Mengen von 10 g, 20 g und 30 g, und 20 g reinen Wassers unter Rühren bei Raumtemperatur für 6 Stunden.

Als eine Folge wurden drei Arten von wäßrigen Lösungen des zweiten Resists erhalten, welche Konzentrationen des wasserlöslichen Methoxyethylenharnstoff-Vernetzungs-

mittels von ungefähr 11 Gew.-%, 20 Gew.-% und 27 Gew.-% relativ zu dem Polyvinylacetalharz aufwiesen.

Beispiel 13

Als ein zweites Resist wurden drei Arten von gemischten Lösungen erhalten, welche verschiedene Mischverhältnisse zwischen dem Polyvinylacetalharz und dem Polyvinylalkoholharz aufwiesen, durch Mischen einer wäßrigen Lösung von 5 Gew.-% von Polyvinylalkoholharz unter jenen wasserlöslichen Harzlösungen, die in Beispiel 7 erhalten wurden, in verschiedenen Mengen von 0 g, 35,3 g und 72,2 g mit 100 g der 5 gew.-%igen wäßrigen Polyvinylacetalharz-Lösung, die in Beispiel 6 erhalten wurde, unter Rühren bei Raumtemperatur für 6 Stunden.

Als nächstes werden Beispiele 14 bis 22, die sich auf die Bildung feinen Resistmustern beziehen, beschrieben.

Beispiel 14

Das zweite Resistmaterial, das in Beispiel 12 erhalten wurde, wurde über den Si-Wafer getropft, auf dem die ersten Resistmuster, die in Beispiel 3 erhalten wurden, gebildet waren, und schleuderbeschichtet, gefolgt von Vortempem unter Bedingungen von 85°C/70 Sekunden, um eine zweite Resistschicht zu bilden.

Nachfolgend wurde ein Mischtempem (MB) unter Bedingungen von 120°C/90 Sekunden ausgeführt, um zu verursachen, daß eine Vernetzungsreaktion stattfand. Dann wurde die zweite Resistschicht mit reinem Wasser entwickelt, um eine nicht-vernetzte Schicht zu entwickeln und davon zu entfernen, gefolgt von Nachtempem unter Bedingungen von 90°C/90 Sekunden, um ein zweites Resistmuster, wie in Fig. 13 gezeigt, zu bilden. In Fig. 13 wurde der Lochdurchmesser des zweiten Resistmusters als ein zu messender Abschnitt ausgewählt, und eine Resistmustergröße wurde nach dem Bilden der vernetzten Schicht gemessen, während ein Mischverhältnis des wasserlöslichen Harzes geändert wurde. Die Ergebnisse sind in der Tabelle der Fig. 14 gezeigt.

Die Ergebnisse zeigen, daß, wenn das Mischverhältnis zwischen dem Polyvinylacetalharz und dem Polyvinylalkoholharz geändert wird, die Dicke der auf dem ersten Resist gebildeten vernetzten Schicht gesteuert werden kann.

Beispiel 15

Die wäßrige KW1 Harzlösung, die in Beispiel 6 erhalten wurde, und als das zweite Resistmaterial diente, wurde über den in Beispiel 2 erhaltenen Si-Wafer getropft, in dem das erste Resistmuster vorher gebildet war, und schleuderbeschichtet, gefolgt von Vortempem unter Bedingungen von 85°C/70 Sekunden, um eine zweite Resistschicht zu erhalten.

Als nächstes wurde der Wafer mit Licht von einer i-Linien-Belichtungsvorrichtung über der gesamten zugehörigen Oberfläche belichtet, gefolgt von Mischtempem (MB) unter Bedingungen von 150°C/90 Sekunden, um zu verursachen, daß die Vernetzungsreaktion stattfindet. Danach wurde Wasser für die Entwicklung benutzt, worauf eine nicht-vernetzte Schicht entwickelt und entfernt wurde. Dann wurde ein Nachtempem unter Bedingungen von 110°C/90 Sekunden ausgeführt, um eine vernetzte Schicht des zweiten Resists auf dem Lochmuster des ersten Resistmusters, wie in Fig. 13 gezeigt, zu bilden. Der Lochdurchmesser des in Fig. 13 gezeigten zweiten Resistmusters wurde als ein zu messender Abschnitt ausgewählt, und eine Resistmustergröße wurde nach der Bildung der vernetzten Schicht ge-

messen, in dem Fall, in dem Licht auf die gesamte Oberfläche belichtet wurde, und auch in dem Fall, in dem nicht belichtet wurde. Die Ergebnisse sind in der Tabelle der Fig. 15 gezeigt.

Die Ergebnisse zeigen, daß gefunden wurde, daß die Lochmustergröße des ersten Resists, welche $0,4\text{ }\mu\text{m}$ vor der Bildung der vernetzten Schicht betrug, ungefähr $0,13\text{ }\mu\text{m}$ betrug, wenn Licht auf die gesamte Oberfläche belichtet wurde, und auf ungefähr $0,10\text{ }\mu\text{m}$ reduziert war, wo nicht insgesamt belichtet wurde.

In diesem Fall, wenn die gesamte Oberfläche vor dem MB-Tempem belichtet wird, war die Vernetzungsreaktion weiter vorangeschritten, als in dem Fall, in dem nicht belichtet wird, was eine dickere, auf der ersten Resistoberfläche gebildete vernetzte Schicht zur Folge hat.

Beispiel 16

Die gemischte Lösung von Polyvinylacetalharz und Ethylenharnstoff, die in Beispiel 11 erhalten wurde, und als das zweite Resist dient, wurde auf den Si-Wafer, der in Beispiel 2 erhalten wurde und in dem das erste Resistmuster zuvor gebildet worden war, aufgebracht.

Das zweite Resistmaterial wurde getropft und schleuderbeschichtet, gefolgt von Vortempem unter Bedingungen von $85^\circ\text{C}/70$ Sekunden, um eine zweite Resistschicht zu bilden. Dann wurde die zweite Resistschicht einem Misch-Tempem (MB) unter drei Bedingungen von $105^\circ\text{C}/90$ Sekunden, $115^\circ\text{C}/90$ Sekunden und $125^\circ\text{C}/90$ Sekunden unterzogen, wodurch verursacht wurde, daß die Vernetzungsreaktion stattfand bzw. voranschritt. Reines Wasser wurde für die Entwicklung benutzt und ein nicht-vernetzter Abschnitt wurde für jede Schicht entwickelt und entfernt. Dann wurde ein Nachtempem ausgeführt unter den Bedingungen von $90^\circ\text{C}/90$ Sekunden, um eine vernetzte Schicht des zweiten Resists auf der ersten Resistschicht, wie in 16(a), 16(b) und 16(c) gezeigt, zu bilden. Der Lochdurchmesser des zweiten Resistmusters und die Zwischenräume der Linien und Inselmuster, die in Fig. 16 gezeigt sind, werden jeweils als ein zu messender Abschnitt ausgewählt. Während die Misch-Temper(MB)-Temperatur geändert wurde, wurden die Resistmustergrößen nach dem Bilden der vernetzten Schicht gemessen. Die Ergebnisse sind in der Tabelle der Fig. 17 gezeigt.

Die Ergebnisse zeigen, daß der Innendurchmesser der Lochmuster und der Zwischenraumgrößen der Linienmuster und Inselmuster, welche $0,4\text{ }\mu\text{m}$ nach der Bildung in Beispiel 2 betrugen, jeweils wie in Fig. 17 gezeigt, nach der Bildung der vernetzten Schicht verringert waren. Der Grad der Verringerung steigt mit einem Anstieg der MB-Temperatur. Davon ist ersichtlich, daß die Steuerung der MB-Temperatur ermöglicht, die Vernetzungsreaktion auf genaue Weise zu steuern.

Beispiel 17

Die wäßrige Polyvinylacetal-Lösung, die in Beispiel 6 erhalten wurde, die wäßrige Lösung einer Mischung von Polyvinylacetalharz und Ethylenharnstoff, die in Beispiel 12 erhalten wurde, und die wäßrigen Lösungen von Mischungen von Polyvinylalkoholharz und Ethylenharnstoff mit verschiedenen Konzentrationen von Ethylenharnstoff wurden jeweils als ein zweites Resist auf dem Si-Wafer, der in Beispiel 3 erhalten wurde und in dem das erste Resistmuster gebildet worden war, aufgebracht.

Insbesondere wurde jedes zweite Resistmaterial aufgetropft und schleuderbeschichtet, gefolgt von Vortempem unter Bedingungen von $85^\circ\text{C}/70$ Sekunden, um eine zweite Resistschicht zu bilden.

Danach wurde die Resistschicht misch-getempert (MB) unter Bedingungen von $65^\circ\text{C}/70$ Sekunden + $100^\circ\text{C}/90$ Sekunden und vernetzt. Reines Wasser wurde für die Entwicklung benutzt und eine nicht-vernetzte Schicht wurde entwickelt und getrennt, gefolgt durch Nachtempem unter Bedingungen von $90^\circ\text{C}/90$ Sekunden, wodurch eine vernetzte Schicht des zweiten Resists auf dem ersten Resistmuster, wie in Fig. 13 gezeigt, gebildet wurde. Der Lochdurchmesser des in Fig. 13 gezeigten zweiten Resistmusters wurde als ein zu messender Abschnitt ausgewählt. Während das Mischverhältnis des wasserlöslichen Vernetzungsmittels geändert wurde, wurde die Resistmustergröße nach der Bildung der vernetzten Schicht gemessen. Die Ergebnisse sind in der Tabelle der Fig. 18 gezeigt.

Als eine Folge war der Innendurchmesser des Lochmusters, welches ungefähr $0,4\text{ }\mu\text{m}$ betrug, wenn es in Beispiel 3 gebildet wurde, verringert, wie in Fig. 18 gezeigt ist. Der Grad der Verringerung steigt mit einer ansteigenden Menge des wasserlöslichen Vernetzungsmittels an.

Hieraus ist ersichtlich, daß die Steuerung in dem Mischverhältnis der wasserlöslichen Materialien ermöglicht, die Vernetzungsreaktion genau zu steuern.

Ferner ist ersichtlich, daß bei derselben Menge eines Vernetzungsmittels der Grad der Verringerung durch Verändern der Art des wasserlöslichen Harzes gesteuert werden kann.

Beispiel 18

Die in Beispiel 6 erhaltene wäßrige Polyvinylacetallösung und gemischte Lösungen der wäßrigen Polyvinylacetalharz-Lösung, die in Beispiel 11 erhalten wurde, und eine wäßrige Lösung einer Mischung von N-Methoxymethyl-Methylethylenharnstoff, (N-Methoxymethyl)-Hydroxyethylenharnstoff und N-Methoxymethylharnstoff, welche jeweils als ein wasserlösliches Vernetzungsmittel dienen, wurden jeweils als ein zweites Resist auf dem Si-Wafer, der in Beispiel 3 erhalten wurde und in dem das erste Resistmuster gebildet worden war, aufgebracht.

Jedes zweites Resistmaterial wurde aufgetropft und schleuderbeschichtet, gefolgt von Vortempem unter Bedingungen von $85^\circ\text{C}/70$ Sekunden, um eine zweite Resistschicht zu bilden.

Danach wurde die Resistschicht misch-getempert (MB) unter Bedingungen von $65^\circ\text{C}/70$ Sekunden + $100^\circ\text{C}/90$ Sekunden für die Vernetzung. Reines Wasser wurde für die Entwicklung benutzt und eine nicht-vernetzte Schicht wurde entwickelt und entfernt. Dann wurde ein Nachtempem unter Bedingungen von $90^\circ\text{C}/90$ Sekunden ausgeführt, wodurch eine vernetzte Schicht des zweiten Resists auf dem ersten Resistmuster wie in Fig. 13 gezeigt, gebildet wurde. Der Lochdurchmesser des in Fig. 13 gezeigten zweiten Resistmusters wurde als ein zu messender Abschnitt ausgewählt. Während die Art des wasserlöslichen Vernetzungsmittels geändert wurde, wurde die Resistmustergröße nach der Bildung der vernetzten Schicht gemessen. Die Ergebnisse sind in der Tabelle der Fig. 19 gezeigt.

Als ein Ergebnis war der Innendurchmesser des Lochmusters, welches ungefähr $0,4\text{ }\mu\text{m}$ betrug, wenn es in Beispiel 3 gebildet wurde, verringert, wie in Fig. 19 gezeigt ist. Es wurde bestätigt, daß der Grad der Verringerung von der Art des wasserlöslichen Vernetzungsmittels abhängt.

Hieraus ist ersichtlich, daß die Änderung in den Arten der wasserlöslichen Materialien ermöglicht, die Vernetzungsreaktion zu steuern.

Beispiel 19

Die in Beispiel 6 erhaltene wäßrige Polyvinylacetallö-

sung und wäßrige Lösungen von Mischungen der wäßrigen Polyvinylacetalharzlösung, die in Beispiel 11 erhalten wurde, und Methoxyethylenharnstoff, das als ein wasserlösliches Vernetzungsmittel diente, wurden als ein zweites Resist für das Aufbringen auf den Si-Wafer, der in Beispiel 4 erhalten wurde und in dem das erste Resistmuster gebildet worden war, benutzt.

Jedes zweite Resistmaterial wurde aufgetropft und schleuderbeschichtet, gefolgt von Vortempem unter Bedingungen von 85°C/70 Sekunden, um eine zweite Resist-

schicht zu bilden. Danach wurde die Resistschicht misch-gelempert (MB) bei einer gegebenen Temperatur für 90 Sekunden zum Vernetzen. Reines Wasser wurde für die Erstwicklung benutzt und eine nicht-vernetzte Schicht wurde entwickelt und entfernt. Dann wurde ein Nachtempem unter Bedingungen von 90°C/90 Sekunden ausgeführt, wodurch eine vernetzte Schicht des zweiten Resists auf dem ersten Resistmuster, wie in Fig. 13 gezeigt, gebildet wurde. Der Lochdurchmesser des in Fig. 13 gezeigten zweiten Resistmusters wurde als ein zu messender Abschnitt ausgewählt. Während die Menge des wasserlöslichen Vernetzungsmittels und die Reaktionstemperatur geändert wurde, wurde die Resistmustergröße nach der Bildung der vernetzten Schicht gemessen. Die Ergebnisse sind in der Tabelle der Fig. 20 gezeigt.

Als ein Ergebnis war der Innendurchmesser des Lochmusters, welches ungefähr 0,3 µm betrug, wenn es in Beispiel 4 gebildet wurde, wie in Fig. 20 gezeigt, verringert, was einen bedeutenden Unterschied abhängig von der Menge des wasserlöslichen Mittels und der Reaktionstemperatur offenbart.

Hieraus ist ersichtlich, daß, wenn das chemisch verstärkte Resist, welches fähig ist, eine Säure durch Bestrahlung mit Licht zu erzeugen, benutzt wird, die Steuerung der Resistmustergröße auf der Basis der Vernetzungsreaktion ermöglicht wird.

Beispiel 20

Die in Beispiel 6 erhaltene wäßrige Polyvinylacetalösung und wäßrige Lösungen von Mischungen der wäßrigen Polyvinylacetalharzlösung, die in Beispiel 11 erhalten wurde, und Methoxyethylenharnstoff, das als ein wasserlösliches Vernetzungsmittel diente, wurden für das Aufbringen auf den Si-Wafer, der in Beispiel 5 erhalten wurde und in dem das erste Resistmuster gebildet worden war, benutzt.

Jedes zweite Resistmaterial wurde aufgetropft und schleuderbeschichtet, gefolgt von Vortempem unter Bedingungen von 85°C/70 Sekunden, um eine zweite Resistschicht zu bilden.

Danach wurde die Resistschicht misch-gelempert (MB) unter Bedingungen von 105°C, 115°C/90 Sekunden, wodurch die Vernetzungsreaktion verursacht wurde.

Reines Wasser wurde für die Entwicklung benutzt und eine nicht-vernetzte Schicht wurde entwickelt und entfernt. Danach wurde ein Nachtempem ausgeführt unter Bedingungen von 90°C/90 Sekunden, wodurch eine vernetzte Schicht des zweiten Resists auf dem ersten Resistmuster, wie in Fig. 13 gezeigt, gebildet wurde. Der Lochdurchmesser des in Fig. 13 gezeigten zweiten Resistmusters wurde als ein zu messender Abschnitt ausgewählt. Während die Menge des wasserlöslichen Vernetzungsmittels und die Reaktionstemperatur geändert wurde, wurde die Resistmustergröße nach der Bildung der vernetzten Schicht gemessen. Die Ergebnisse sind in der Tabelle der Fig. 21 gezeigt.

Als ein Ergebnis war der Innendurchmesser des Lochmusters, welches ungefähr 0,2 µm betrug, wenn es in Beispiel 5 gebildet wurde, wie in Fig. 21 gezeigt, verringert, was offenbart, daß der Grad der Verringerung einen bedeutenden

Unterschied besitzt, abhängig von der Menge des wasserlöslichen Materials und der MB-Temperatur.

Hieraus ist ersichtlich, daß, wenn der chemisch verstärkte EB-Resist, der aus dem t-boc-Polyhydroxystyrol und einem Säureerzeuger besteht, benutzt wird, die Steuerung der Resistmustergröße auf der Basis der Vernetzungsreaktion möglich ist.

Beispiel 21

Ein Elektronenstrahl wurde selektiv auf das in Beispiel 2 erhaltene erste Resistmuster ausgestrahlt. Die Dosis des Elektronenstrahls betrug 50 µC/cm².

Danach wurde eine gemischte wäßrige Lösung der in Beispiel 11 erhaltenen wäßrigen Polyvinylacetalharz-Lösung und Methoxyethylenharnstoff, das als ein wasserlösliches Vernetzungsmittel dient, als ein zweites Resist vorgesehen, und wurde auf das erste Resistmuster aufgebracht, welches mit dem Elektronenstrahl bestrahlt worden war. Insbesondere wurde das zweite Resistmaterial aufgetropft und schleuderbeschichtet, gefolgt von Vortempem unter Bedingungen von 85°C/70 Sekunden, um eine zweite Resistschicht zu bilden.

Die Schicht wurde misch-gelempert (MB) unter Bedingungen von 120°C/90 Sekunden, wodurch eine Vernetzung verursacht wurde.

Schließlich wurde reines Wasser für die Entwicklung benutzt, und eine nicht-vernetzte Schicht wurde entwickelt und entfernt. Danach wurde ein Nachtempem unter Bedingungen von 110°C/70 Sekunden ausgeführt, wodurch eine vernetzte Schicht des zweiten Resists selektiv auf dem ersten Resistmuster wie in Fig. 13 gezeigt, gebildet wurde. Der Lochdurchmesser des in Fig. 13 gezeigten zweiten Resistmusters wurde als ein zu messender Abschnitt ausgewählt, und die Resistmustergröße nach der Bildung der vernetzten Schicht wurde in bezug auf den mit dem Strahl bestrahlten Abschnitt und dem nicht-bestrahlten Abschnitt gemessen. Die Ergebnisse sind in der Tabelle der Fig. 22 gezeigt.

Als ein Ergebnis war das Resistmuster mit einer Lochgröße von ungefähr 0,4 µm, das in Beispiel 2 gebildet worden war, in dem nicht mit dem Elektronenstrahl bestrahlten Abschnitt, wie in Fig. 22 gezeigt ist, verringert. Was den mit dem Elektronenstrahl selektiv bestrahlten Abschnitt betrifft, trat keine Vernetzungsreaktion auf, und keine Verringerung in der Lochgröße wurde gefunden.

Hieraus ist ersichtlich, daß, wenn ein Elektronenstrahl selektiv eingestrahlt wird nach der Bildung eines Resistmusters, keine Reaktion in dem Muster des bestrahlten Abschnitts auftritt, so daß die selektive Größensteuerung des Resistmusters möglich ist.

Beispiel 22

Das in Beispiel 2 erhaltene erste Resistmuster wurde auf einem Si-Wafer gebildet, auf dem eine Oxidschicht gebildet wurde, wodurch ein erstes Resistmuster, wie in Fig. 23 gezeigt, gebildet wurde.

Danach wurde das in Beispiel 12 erhaltene zweite Resistmaterial aufgetropft und schleuderbeschichtet, gefolgt von Vortempem unter Bedingungen von 85°C/70 Sekunden. Die Schicht wurde misch-gelempert unter Bedingungen von 105°C/90 Sekunden, und eine nicht-vernetzte Schicht wurde mit reinem Wasser entwickelt und entfernt. Danach wurde ein Nachtempem unter Bedingungen 90°C/90 Sekunden ausgeführt, um eine vernetzte Schicht des zweiten Resists auf der ersten Resistschicht zu bilden.

Die darunterliegende (bzw. unterhalb liegende) Oxid-

schicht wurde dann mittels einer Ätzzvorrichtung geätzt, und das Muster wurde nach dem Ätzen betrachtet.

Zum Vergleich wurde der Wafer, welcher mit einem derartigen ersten Resistmuster gebildet war, wie in Fig. 23 gezeigt ist, und nicht gemäß der vorliegenden Erfindung behandelt worden war, auf gleiche Weise geätzt.

Die Ergebnisse wurden verglichen. In dem Fall, in dem die vorliegende Erfindung nicht angewendet wurde, ist das Ergebnis, wie in Fig. 24(a) gezeigt ist. In den Fällen, in denen die vorliegende Erfindung angewendet wurde, sind die Ergebnisse wie in Fig. 24(b) und 24(c) gezeigt. In den letzteren Fällen ist die Trennbreite des Oxidschichtmusters verringert, und Seitenoberflächen des Oxidschichtmusters sind aufgerauht.

Es ist ersichtlich, daß der Grad der Aufrauung steuerbar ist, abhängig von der Menge des Vernetzungsmittels, das gemischt wird.

Nun wird eine zusätzliche Erklärung gegeben mit Bezug auf die verkürzte Entwicklungszeit, die in jeder der oben genannten Ausführungsformen ausgeführt wurde.

Fig. 25 zeigt die Beziehung der Zwischenraum- oder Spalt-Abmessungen eines gebildeten Resistmusters (horizontale Achse) und der Zeit oder Dauer der Entwicklung (vertikale Achse).

Wie von Fig. 25 ersichtlich ist, kommt es, wenn die Entwicklungszeit länger ist als T1, dazu, daß dann die Resist-Endabmessung fast konstant ist. Aber, wenn die Entwicklungszeit geringer ist als T1 und gegen T0 geht, dann variieren die Resist-Endabmessungen und werden kürzer mit der kürzeren Entwicklungszeit.

In der herkömmlichen Technik war die Entwicklungszeit ausreichend gesichert, um eine Veränderung der Abmessung zu vermeiden (rechte Seite von T1).

Jedoch ist in der vorliegenden Erfindung die Entwicklungszeit äußerst verkürzt, d. h. kürzer als üblich, und der Zeitbereich, in dem die Resist-Endabmessungen variieren, wird positiv genutzt (linke Seite von T1).

Gemäß der vorliegenden Erfindung bedeutet die verkürzte Entwicklungszeit zum Bilden des ersten Resistmusters die Zeit oder Dauer, in der die Resist-Endabmessungen variieren, abhängig von der Entwicklungszeit.

Alternativ kann die Änderung der Resist-Endabmessungen die Änderung von mehr als 10 nm im Hinblick auf die Varianz in der SEM-Längenmessung bedeuten.

Die verkürzte Entwicklungszeit in der vorliegenden Erfindung bedeutet die Zeitdauer in jenem Bereich.

Nun können die Effekte und Zweckmäßigkeiten der vorliegenden Erfindung wie folgt zusammengefaßt werden.

Wie im Detail beschrieben wurde, werden gemäß der vorliegenden Erfindung die Materialien und Verfahren zum Bilden eines fein getrennten Resistmusters erhalten. Dadurch wurde es möglich, ein Resistmuster zu bilden, welches eine Wellenlängengrenze in der Feinheit eines Resist-Trennmusters oder eines Resist-Lochmusters überschreitet.

Daher kann der Lochdurchmesser eines Lochresistmusters weiter über herkömmliche Gegenstücke hinaus verringert werden, und eine Trennbreite eines beabstandeten Resistmusters kann auch weiter über herkömmliche Gegenstücke hinaus verringert werden.

Unter Verwenden des so erhaltenen fein getrennten Resistmusters als eine Maske können fein getrennte Zwischenräume oder Löcher auf einem Halbleitersubstrat oder einer Halbleitergrundschrift gebildet werden.

Gemäß eines derartigen Herstellungsverfahrens kann eine Halbleitervorrichtung mit fein getrennten Zwischenräumen oder Löchern erhalten werden.

Die gesamte Offenbarung der japanischen Patentanmeldung 11-240528, die am 26. August 1999 einschließlich Be-

schreibung, Ansprüche, Zeichnungen und Zusammenfassung eingereicht wurden und auf der die Priorität der vorliegenden Erfindung basiert, ist hier durch Bezugnahme in ihrer Gesamtheit aufgenommen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen einer Halbleitervorrichtung mit den Schritten

Bilden einer ersten Resistschicht (1, 11, 21) auf einer Halbleitergrundschrift (3), wobei die erste Resistschicht (1, 11, 12) aus einem ersten Resist gebildet ist und fähig ist, eine Säure zu erzeugen.

Bilden eines ersten Resistmusters (1a, 2a, 3a) aus der ersten Resistschicht (1, 11, 12) durch Entwickeln in einer verringerten Entwicklungszeit, wobei das erste Resistmuster (1a, 2a, 3a) fähig ist, eine Säure zu erzeugen, Bilden einer zweiten Resistschicht (2, 12, 22) auf dem ersten Resistmuster (1a, 2a, 3a), wobei die zweite Resistschicht (2, 12, 12) fähig ist, eine Vernetzungsreaktion in Anwesenheit einer Säure auszuführen,

Bilden einer vernetzten Schicht (4, 14, 24) an einem Abschnitt der zweiten Resistschicht (2, 12, 22), die mit dem ersten Resistmuster (1a, 2a, 3a) in Kontakt steht, durch die Vermittlung einer Säure, die von dem ersten Resistmuster (1a, 2a, 3a) zugeführt wird,

Bilden eines zweiten Resistmusters (2a, 12a, 22a) durch Entfernen nicht-vernetzter Abschnitte der zweiten Resistschicht (2, 12, 22),

Ätzen der Halbleitergrundschrift (3) durch das zweite Resistmuster (2a, 12a, 22a), das als eine Maske wirkt.

2. Verfahren zum Herstellen einer Halbleitervorrichtung nach Anspruch 1, bei dem sich die verringerte Entwicklungszeit in dem Bereich der Zeit befindet, in dem die Endabmessung des ersten Resistmusters (1a, 2a, 3a) abhängig von Entwicklungszeit variiert.

3. Verfahren zum Herstellen einer Halbleitervorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, bei dem die verringerte Entwicklungszeit sich in dem Bereich der Zeit befindet, in dem die Endabmessung des ersten Resistmusters (1a, 2a, 3a) mehr als 10 nm größer ist als wenn es mit einer üblichen Entwicklungszeit entwickelt wird, in der es dazu kommt, daß die Endabmessung des Resistmusters im wesentlichen konstant ist.

4. Verfahren zum Herstellen einer Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3 weiter mit dem Schritt:

Heizen des ersten Resistmusters (1a, 2a, 3a) und der zweiten Resistschicht (2, 12, 22), die auf dem ersten Resistmuster (1a, 2a, 3a) gebildet ist, wodurch eine vernetzte Schicht in der Oberflächenschicht der zweiten Resistschicht (2, 12, 22) gebildet wird, welche mit dem ersten Resistmuster (1a, 2a, 3a) in Kontakt steht.

5. Verfahren zum Herstellen einer Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 4 weiter mit dem Schritt:

Belichten einer ausgewählten Fläche des ersten Resistmusters (1a, 2a, 3a) und der zweiten Resistschicht (2, 12, 22), die auf dem ersten Resistmuster (1a, 2a, 3a) gebildet ist, wodurch eine vernetzte Schicht in der Oberflächenschicht der zweiten Resistschicht (2, 12, 22) gebildet wird, welche mit dem ersten Resistmuster (1a, 2a, 3a) in der ausgewählten Fläche in Kontakt steht.

6. Verfahren zum Herstellen einer Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5 weiter mit dem Schritt:

Einstrahlen mit einem Elektronenstrahl auf den anderen Abschnitt als den ausgewählten Abschnitt des er-

sten Resistmusters (1a, 2a, 3a) vor dem Bilden der zweiten Resistschicht (2, 12, 22) auf dem ersten Resistmuster (1a, 2a, 3a), wodurch eine vernetzte Schicht in der Oberflächenschicht der zweiten Resistschicht (2, 12, 22) gebildet wird, welche mit dem ersten Resistmuster (1a, 2a, 3a) in dem ausgewählten Bereich in Kontakt steht.

7. Halbleitervorrichtung, hergestellt durch das Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6.

Hierzu 16 Seite(n) Zeichnungen

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

FIG. 1 (a)

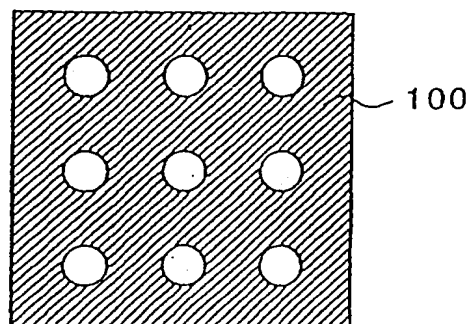


FIG. 1 (b)

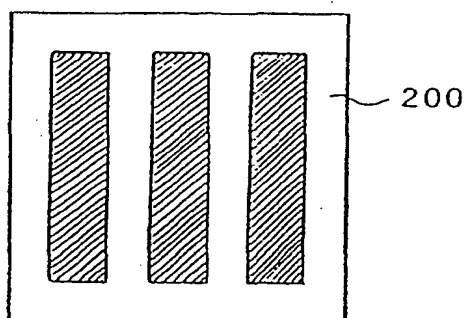


FIG. 1 (c)

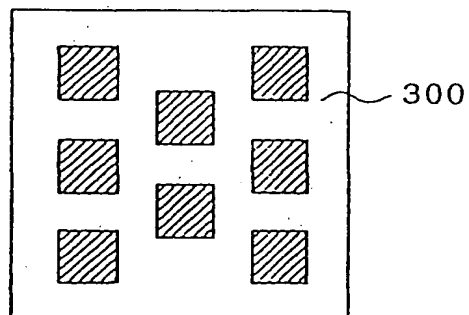


FIG. 2(a)

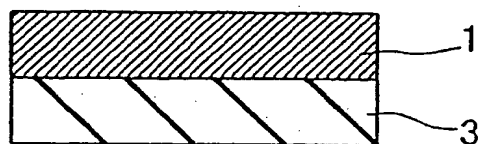


FIG. 2(b1)

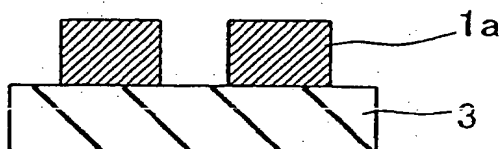


FIG. 2(b2)

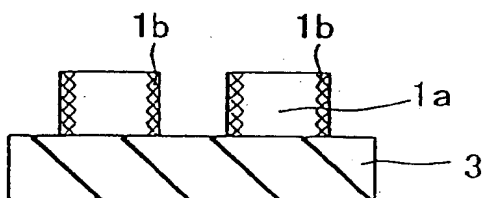


FIG. 2(c)

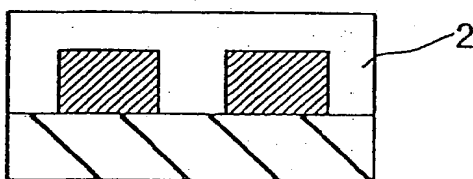


FIG. 2(d)

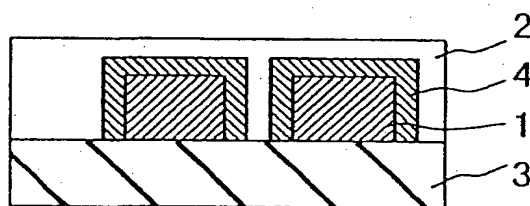


FIG. 2(e)

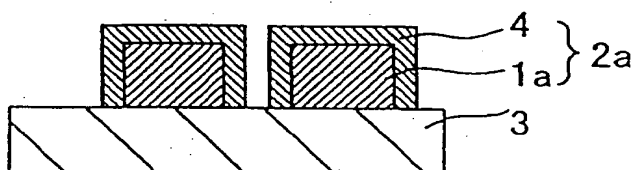


FIG . 3 (a)

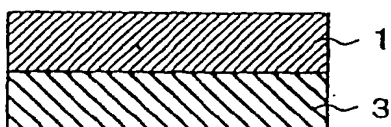


FIG . 3 (b)

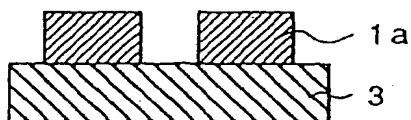


FIG . 3 (c)

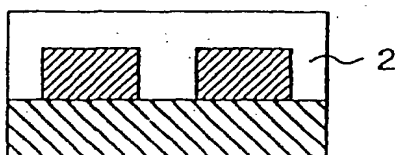


FIG . 3 (d)

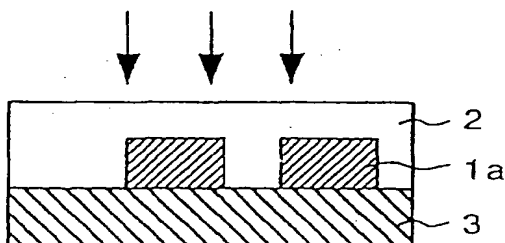


FIG . 3 (e)

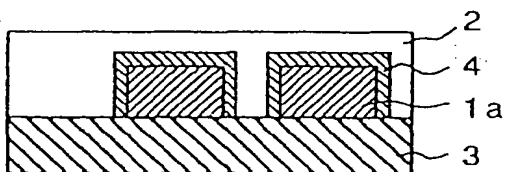


FIG . 3 (f)

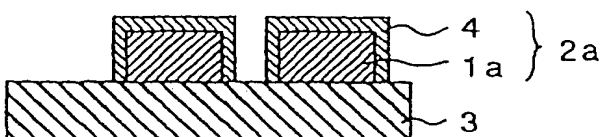
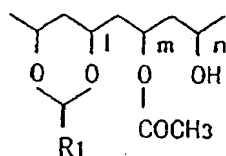
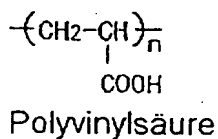


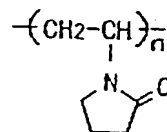
FIG. 4



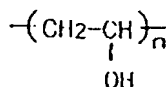
R1=H2CH3
Polyvinylacetal



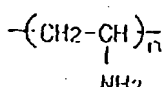
Polyvinylsäure



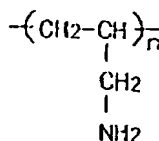
Polyvinylpyrrolidon



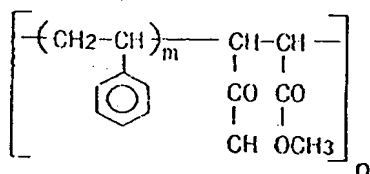
Polyvinylalkohol



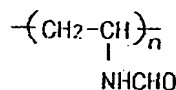
Polyvinylamin



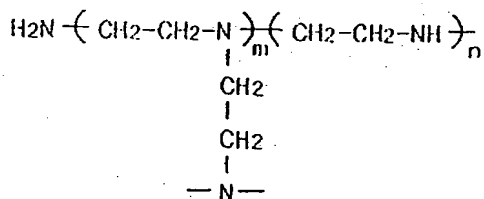
Polyallylamin



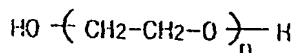
Styren-Maleinsäure-Copolymer



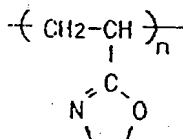
Poly-N-Vinylformamid



Polyethylenimid



Polyethylenoxid



Oxazol-enthaltendes wasserlösliches Harz

FIG. 5

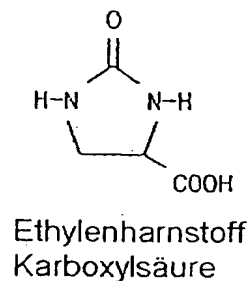
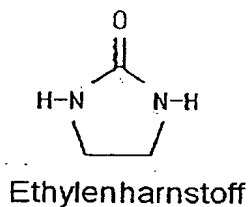
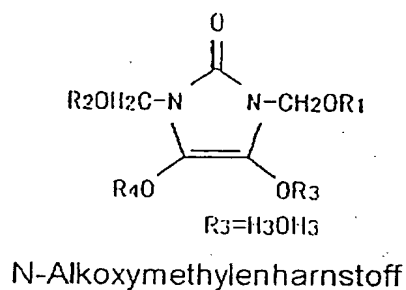
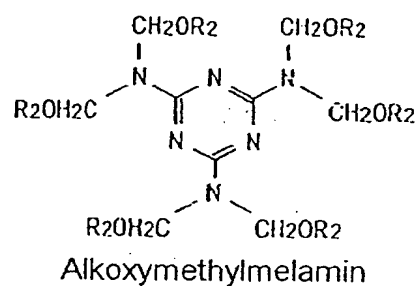
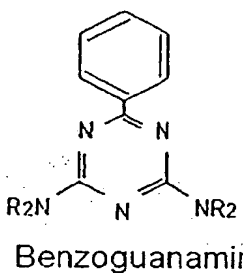
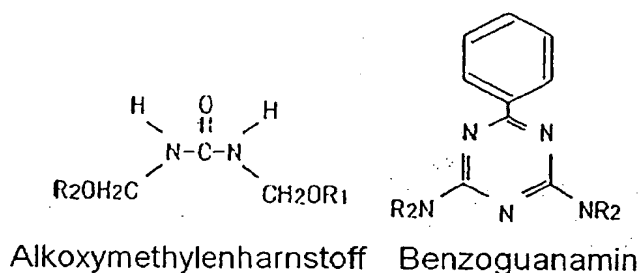
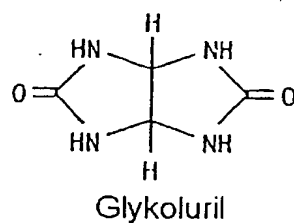
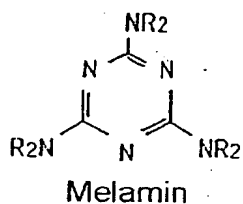
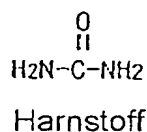


FIG . 6 (a)

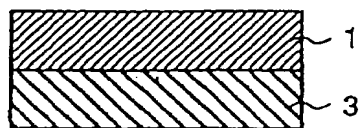


FIG . 6 (b)

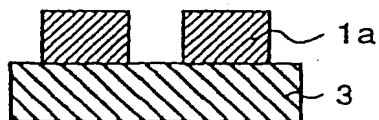


FIG . 6 (c)

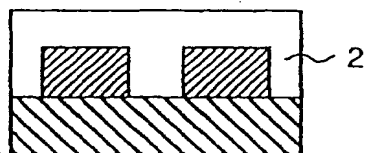


FIG . 6 (d)

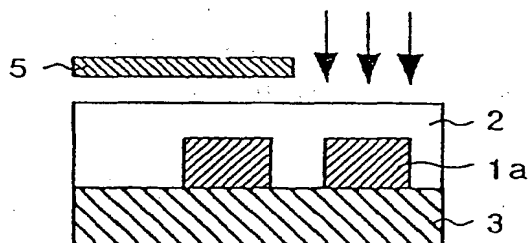


FIG . 6 (e)

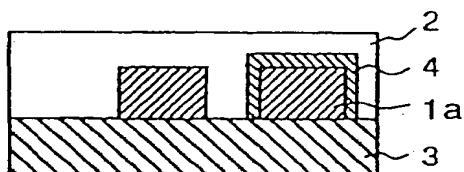


FIG . 6 (f)

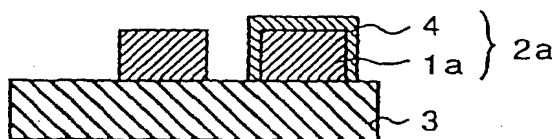


FIG. 7 (a)

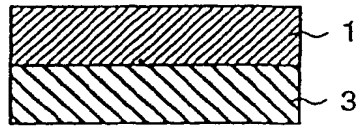


FIG. 7 (b)

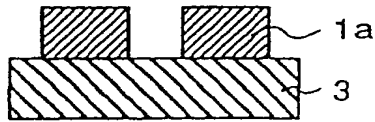


FIG. 7 (c)

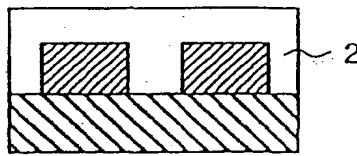


FIG. 7 (d)

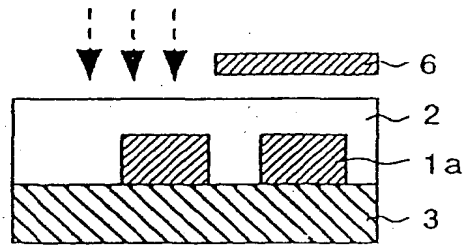


FIG. 7 (e)

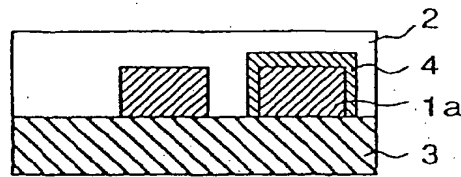


FIG. 7 (f)

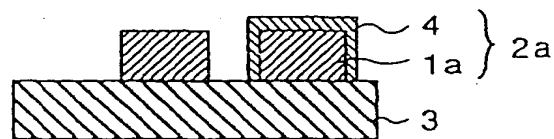


FIG . 8 (a)

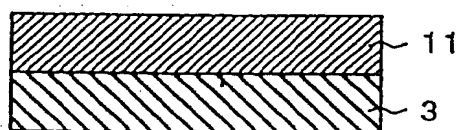


FIG . 8 (b)

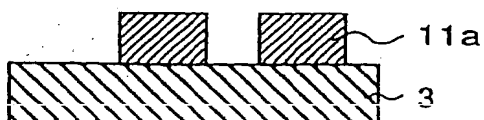


FIG . 8 (c)

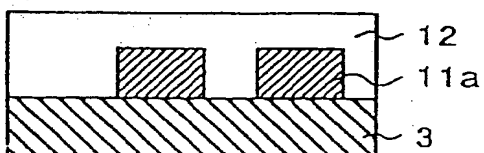


FIG . 8 (d)

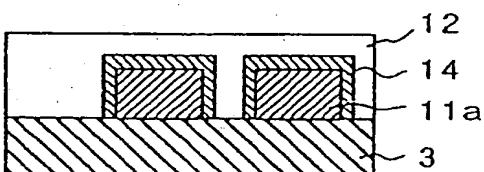


FIG . 8 (e)

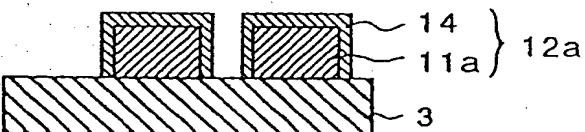


FIG. 9 (a)

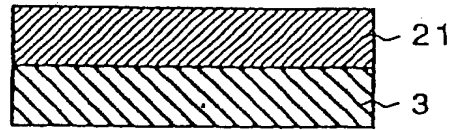


FIG. 9 (b)

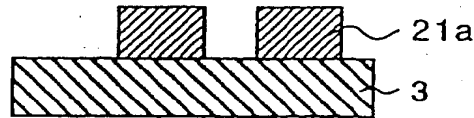


FIG. 9 (c)

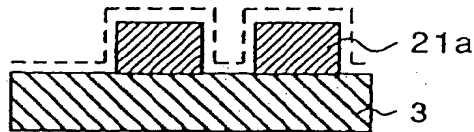


FIG. 9 (d)

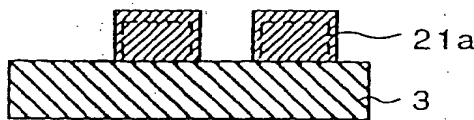


FIG. 9 (e)

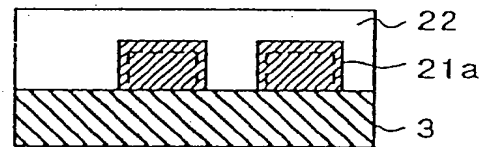


FIG. 9 (f)

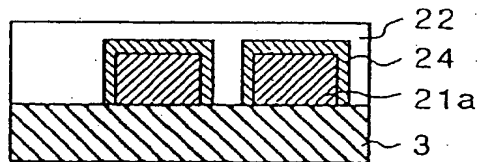


FIG. 9 (g)

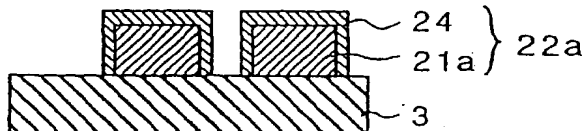


FIG. 10 (a)

Resistmuster

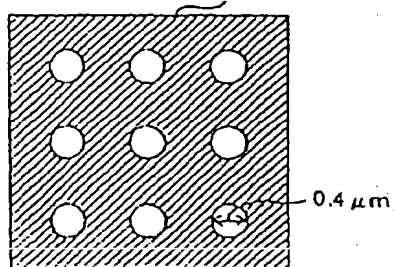


FIG. 10 (b)

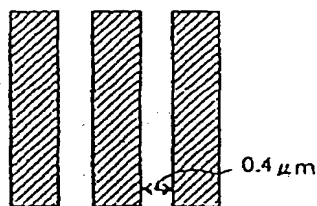


FIG. 10 (c)

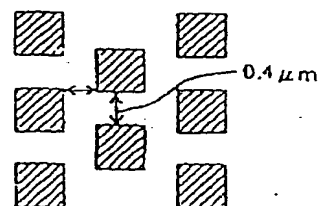


FIG. 11 (a)

Resistmuster

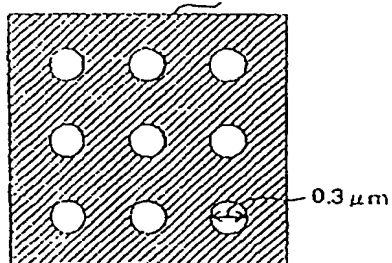


FIG. 11 (b)

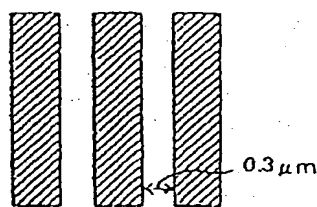


FIG. 11 (c)

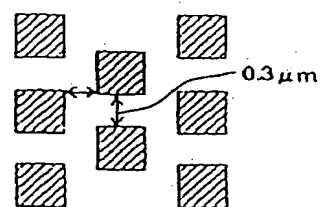


FIG. 12 (a)

Resistmuster

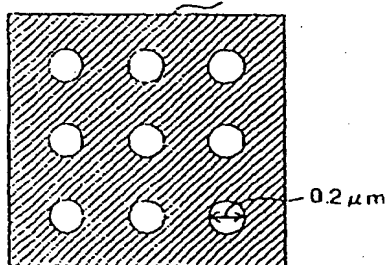


FIG. 12 (b)

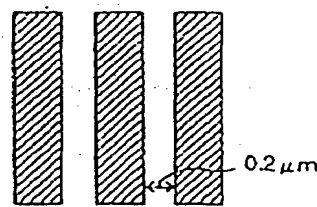


FIG. 12 (c)

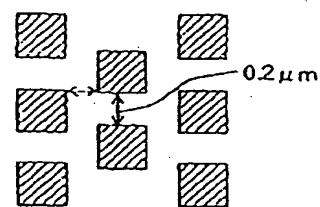


FIG. 13

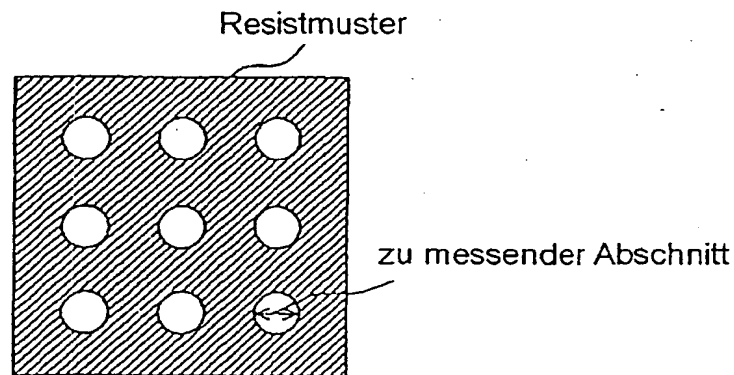


FIG. 14

Mischverhältnis (Gewicht)		
Polyvinylacetal	Polyvinylalkohol	Lochgröße (µm)
0	0	0.44 → 0.44
1	0	0.43 → 0.34
5	1.8	0.42 → 0.39
5	3.7	0.40 → 0.43
0	1	0.35 → 0.44

FIG. 15

Probe	Lochgröße (µm)
Vergleichsprodukt	0.40
Gesamte Oberfläche nicht belichtet	0.28
Gesamte Oberfläche belichtet	0.25

FIG. 16(a)

Resistmuster

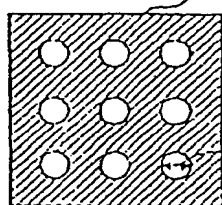
zu
messender
Abschnitt

FIG. 16(b)

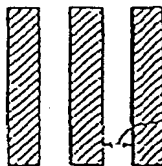
zu
messender
Abschnitt

FIG. 16(c)

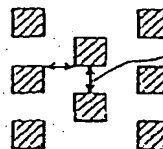
zu
messender
Abschnitt

FIG. 17

MB-Temperatur (°C)		Lochgröße (μm)	Linien- zwischenraum (μm)	Insel- zwischenraum (μm)
Beispiel 2	Resist alleine	0.39	0.40	0.40
105		0.29	0.32	0.31
115		0.28	0.31	0.27
125		0.24	0.29	0.24

FIG. 18

		MB-TEMPERATUR (°C)	
Konzentration von Methoxyethylen- hamstoff (Gew%)		100	110
Polyvinylacetal	Beispiel 3	0.41	0.41
	0	0.39	0.38
	11	0.37	0.37
	20	0.33	0.30
	27	0.29	0.27
Polyvinylalkohol	0		0.41
	20		0.37
	40		0.33

FIG. 19

Wasserlösliches Material	Lochgröße (µm)
Beispiel 3	0. 24
Polyvinylacetalharz alleine	0. 36
Polyvinylacetalharz + N-Methoxymethyl- Methoxymethylenharnstoff	0. 28
Polyvinylacetalharz + N-Methoxymethyl- Hydroxymethylenharnstoff	0. 34
Polyvinylacetalharz + N-Methoxymethyl-Harnstoff	0. 24

FIG. 20

Mittel für die obere Schicht	Resist- mustergröße (Anfangswert, µm)	Mustergröße nach der Behandlung (µm)	
		Misch-Temper-Temperatur	
		105°C	115°C
Polyvinylacetalharz + Ethylenharnstoff (10 Gew%)	0. 30	0. 27	0. 22
Polyvinylacetalharz + Ethylenharnstoff (20 Gew%)	0. 30	0. 23	0. 17
Polyvinylacetalharz + Polyvinylalkohol (10 Gew%)	0. 30	0. 28	0. 28

FIG. 21

Mittel für die obere Schicht	Resist- mustergröße (Anfangswert, µm)	Mustergröße nach der Behandlung (µm)	
		Misch-Temper-Temperatur	
		105°C	115°C
Polyvinylacetalharz + Methoxyharnstoff (10 Gew%)	0. 22	0. 20	0. 16
Polyvinylacetalharz + Methoxyharnstoff (20 Gew%)	0. 22	0. 16	0. 12
Polyvinylacetalharz + Polyvinylalkohol (10 Gew%)	0. 22	0. 20	0. 20

FIG. 22

	Resistmustergröße	Mustergröße nach der Behandlung
Beispiel 2	0.39	
Beispiel 21	Abschnitt mit EB bestrahlt	0.39
	Abschnitt nicht mit EB bestrahlt	0.24

FIG. 23

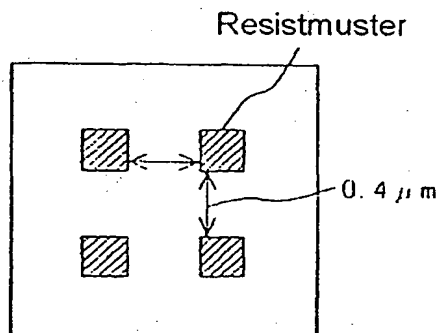
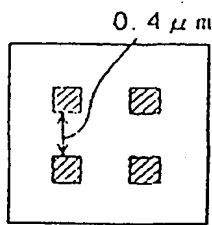
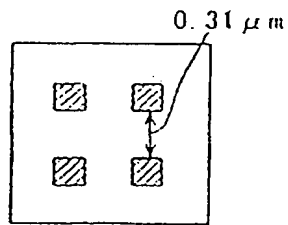


FIG. 24(a)



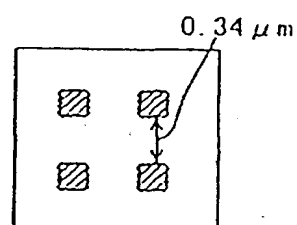
Beispiel 2
(Resist alleine)

FIG. 24(b)



Ethylenharnstoff 40%

FIG. 24(c)



Ethylenharnstoff 10%

FIG. 25

